

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

**APPLICATION DU MODÈLE D'ÉVALUATION PAR
ARBITRAGE AUX PRODUITS FINANCIERS DÉRIVÉS DES
MATIÈRES PREMIÈRES (PÉTROLE, CAFÉ ET CACAO)**

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN ÉCONOMIQUE

PAR
OUSMANE DIABY

NOVEMBRE 2009

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement n°8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	iv
LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES.....	v
APPENDICE A	vi
RÉSUMÉ.....	vii
INTRODUCTION	
PRÉSENTATION DU SUJET DE RECHERCHE	1
DÉFINITION DU PROBLÈME ÉCONOMIQUE.....	3
INTÉRÊT DE LA RECHERCHE	4
CHAPITRE I	
REVUE DE LITTÉRATURE.....	6
DONNÉES.....	19
2.1. PRÉSENTATION DES DONNÉES	19
2.2. LES TYPES DE DONNÉES.....	27
2.3. TRAITEMENT DES DONNÉES.....	27
CHAPITRE III	
MÉTHODOLOGIE	29
3.1. MODÈLE THÉORIQUE	29
3.2. ESTIMATIONS ET TESTS	33
4.3. ESTIMATION DES PRIMES DE RISQUE ET DES RENDEMENTS ESPÉRÉS.....	37
CHAPITRE IV	
RÉSULTATS.....	39
4.1. ANALYSE DES RESULTATS DE L'APPROCHE ÉCONOMIQUE	39

4.1. 1. <i>Modèles non contraints</i>	41
a) <i>Modèle de base</i>	42
b) <i>Modèle avec indice boursier</i>	44
c) <i>Modèle avec consommation</i>	46
d) <i>Modèle avec prix du pétrole</i>	47
e) <i>Modèle avec production automobile ou prix du sous-jacent</i>	48
f) <i>Sur-modèle</i>	50
4.1.2. <i>Modèles contraints</i>	51
a) <i>Calcul des primes de risque associées à chaque facteur</i>	52
b) <i>Tests des primes de risque</i>	53
c) <i>Test des différents modèles</i>	54
4.2. INTERPRÉTATION : SECTEUR PÉTROLIER	57
4.3. INTERPRÉTATION : CAFÉ -CACAO	60
 CONCLUSION	 62
 BIBLIOGRAPHIE	 64
 APPENDICES	 75

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
FIGURE 1 GRAPHE DES RÉSIDUS DE LA RÉGRESSION DU RENDEMENT DU PRODUIT DÉRIVÉ DU CACAO	43
FIGURE 2 REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DU PRIX DU BARIL DE PÉTROLE (WTI) DE 1983 À 2006.....	57

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
TABEAU 1 VARIABLES DICHOTOMIQUES.....	40
TABEAU 2 CALCUL DES PRIMES DE RISQUE ASSOCIÉES À CHAQUE FACTEUR.....	52
TABEAU 3 RÉCAPITULATIF DU TEST DE LA PRIME DE RISQUE ASSOCIÉE À CHAQUE FACTEUR	53
TABEAU 4 TEST DES DIFFÉRENTS MODÈLES PAR RAPPORT AUX VARIABLES DÉPENDANTES	55

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

AMEX	American Stock Exchange
APT	Arbitrage pricing theory
CAPM	Capital Asset Pricing model
CRB	Commodities research Bureau
CBT	Chicago Broad Trading
CNUCED	Conférence Des Nations Unies Pour Le commerce Et Le Développement
FED	Federal Reserve System
GARCH	Generalised autoregressive conditional heteroscedasticity
INSEE	Institut national de la Statistique et des Études Économiques
IPI	Indice de Production Industrielle
ISDA	International Swaps And Derivatives Association
MEA	Modèle d'évaluation par arbitrage
MEDAF	Modèle d'évaluation des actifs financiers
MCG	Moindres Carrés Généralisés
NASDAQ	National Association of Securities Dealers Automated Quotations
NYBOT	New York Board of Trade
NYMEX	New York Mercantile Exchange
NYSE	New York Stock Exchange
OPEP	Organisation Des Pays Exportateurs De Pétrole
WTI	West Texas Intermediate

APPENDICE A

A.1 COEFFICIENTS DE DÉTERMINATION ASSOCIÉS À L'ANALYSE DU PRODUIT DÉRIVÉ DU PÉTROLE.....	75
A.2. COEFFICIENTS DE SENSIBILITÉ ASSOCIÉS À L'ANALYSE DU PRODUIT DÉRIVÉ DU PÉTROLE	76
A.3 COEFFICIENTS DE DÉTERMINATION ASSOCIÉS À L'ANALYSE DU PRODUIT DÉRIVÉ DU GASOIL	77
A.4 COEFFICIENTS DE SENSIBILITÉ ASSOCIÉS À L'ANALYSE DU PRODUIT DÉRIVÉ DU GASOIL	78
A.5 COEFFICIENTS DE DÉTERMINATION ASSOCIÉS À L'ANALYSE DU PRODUIT DÉRIVÉ DE L'HUILE DE CHAUFFAGE.....	79
A.6 COEFFICIENTS DE SENSIBILITÉ ASSOCIÉS À L'ANALYSE DU PRODUIT DÉRIVÉ DE L'HUILE DE CHAUFFAGE.....	80
A.7 COEFFICIENTS DE DÉTERMINATION ASSOCIÉS À L'ANALYSE DU PRODUIT DÉRIVÉ DU CACAO.....	81
A.8 COEFFICIENTS DE SENSIBILITÉ ASSOCIÉS À L'ANALYSE DU PRODUIT DÉRIVÉ DU CACAO	82
A.9 COEFFICIENTS DE DÉTERMINATION ASSOCIÉS À L'ANALYSE DU PRODUIT DÉRIVÉ DU CAFÉ.....	83
A.10 COEFFICIENTS DE SENSIBILITÉ ASSOCIÉS À L'ANALYSE DU PRODUIT DÉRIVÉ DU CAFÉ	84
A.11. RÉSULTATS DES TESTS DE GRANGER ENTRE LES DIFFÉRENTES VARIABLES	85

RÉSUMÉ

Titre

Application du modèle d'évaluation par arbitrage aux produits financiers dérivés des matières premières (pétrole, café et cacao).

Contexte

Le but de notre étude est d'expliquer les rendements des produits dérivés du baril de pétrole, de l'huile de chauffage, du gasoil, du café et du cacao en appliquant le modèle d'évaluation par arbitrage (MEA). Pour cela, nous avons constitué deux échantillons dont le premier commence en 1983 pour ce qui est de l'industrie pétrolière, et en 1966 pour les produits dérivés tropicaux. Le terme de la période d'étude est 2006. Les données ont une périodicité trimestrielle. Les variables que nous avons utilisés sont toutes liées à l'économie des États-Unis.

Méthodologie et résultats

La méthode du maximum de vraisemblance nous a permis de déterminer le pouvoir explicatif et les coefficients de sensibilité des différents modèles. Ainsi, nous avons constaté que le portefeuille du marché représenté ici par l'indice NYSE (*New York Stock Exchange*) n'est pas suffisant pour expliquer à lui seul les variations des rendements des actifs financiers. Les tests de student sur les primes de risque associées aux facteurs nous ont permis de constater que seul la prime de risque et le taux de croissance ne sont pas significatifs. Le test de maximum de vraisemblance appliqué a montré qu'il existe une relation linéaire entre les rendements expliqués et les facteurs.

Conclusion

Il ressort donc de notre étude que les sources de variations des produits dérivés sont multiples et de natures diverses. Constat qui rejoint l'idée fondamentale du MEA. Par ailleurs, l'utilisation de modèles macroéconomiques nous a permis de montrer que certaines « forces économiques » (l'inflation, le prix du pétrole, le portefeuille du marché, l'indice de production industrielle, la consommation per capita, les prix des commodités, la structure à terme) permettent de capter la volatilité des rendements étudiés.

Mots clés : produits dérivés, commodités, matières premières, volatilité, rendements, arbitrage.

INTRODUCTION

PRÉSENTATION DU SUJET DE RECHERCHE

Les matières premières occupent une place importante dans l'activité économique. Elles sont en effet au début du processus de production. Elles constituent les intrants et les énergies des différentes industries. À l'article 56 de la charte de La Havane (1948) une définition a été donnée à cette expression. Ainsi une matière première ou produit de base est qualifié comme « tout produit de l'agriculture, des forêts et de la pêche et tout minéral que ce produit soit sous sa forme naturelle ou qu'il ait subi la transformation qu'exige communément la vente en quantités importantes sur le marché » dont notre société, notre économie ne peut se passer. L'essentiel des transactions financières porte sur les marchés dérivés. Ces derniers ont été créés à l'origine pour permettre aux acteurs des marchés des matières premières de se prémunir contre le risque de prix grâce à la création de contrats à terme originellement appelés « *forwards* » puis devenus « *futures* ». Il existe néanmoins une distinction entre ces deux types de produits financiers. Les *futures* sont échangés sur un marché organisé et localisé dans un endroit déterminé et dont le risque de défaut est couvert par la chambre de compensation, tandis que les *forwards* se négocient de gré à gré. Par ailleurs, les contrats de *futures* sont des contrats normés (montant et échéance prédéfinis), les *forwards* eux donnent lieu à très peu de livraison. L'attrait des gains importants a entraîné l'entrée des spéculateurs sur ces marchés. Cela a eu aussi pour conséquence de générer beaucoup d'instabilité. Voici quelques faits stylisés¹ pour étayer notre sujet:

¹ Calabre (2003) et Mongars et Marchal-Dombrat (2006)

- À long terme le rendement des *futures* des matières premières est semblable à celui des actions et supérieur à celui des obligations.
- Les phases de hausse des prix des matières premières sont moins longues que celles d'effondrement ou de baisse.
- Les prix des matières premières ont une corrélation négative avec le dollar américain lorsqu'ils sont exprimés en cette devise.
- Les variations climatiques telles que «*El Nino*» ont un impact considérable sur les prix des matières premières.
- La volatilité des prix réels des matières premières est plus élevée en régime de change flottant qu'en régime de change fixe.
- Les produits dérivés sont généralement corrélés positivement aux matières premières auxquelles ils sont liés.

L'optimisation des placements financiers a toujours été un des objectifs principaux des chercheurs et praticiens. Cela passe par l'anticipation de la volatilité des actifs financiers. En effet, maîtriser ou connaître leurs sources de variations serait s'assurer des placements optimaux. Notre objectif sera donc d'utiliser le modèle d'évaluation par arbitrage pour déterminer les facteurs explicatifs du cours des rendements des produits dérivés du baril de pétrole, de l'huile de chauffage, du gasoil, du cacao et du café.

A la suite de cela, nous ferons une rétrospective de notre travail et des résultats qu'on aura obtenus. Le dénouement de notre travail sera de tester la véracité de la théorie du modèle d'évaluation par arbitrage à travers notre application. Nous évoquerons aussi les récentes recherches dans ce domaine. Nous jetterons un regard

critique sur le modèle d'évaluation par arbitrage visant à mettre en évidence ses différentes insuffisances.

Il ressort de cette présentation que les facteurs qui déterminent ou expliquent la volatilité des rendements des produits dérivés constituent notre problème économique.

DÉFINITION DU PROBLÈME ÉCONOMIQUE

La connaissance des facteurs qui influencent les actifs financiers a toujours été au centre de la théorie financière tant de par son intérêt théorique que pratique. Dans le sens où cela permettrait aux investisseurs d'optimiser leurs opérations en faisant des prévisions à partir d'éléments jugés pertinents par la théorie.

Le problème économique qui se dégage de notre étude se résume à travers l'interrogation qui suit : quels sont les facteurs influençant le cours des produits dérivés?

Plus précisément il s'agit de vérifier les hypothèses émises par Chen, Roll et Ross (CRR 1986) à savoir que le pétrole, l'indice de production, le taux de croissance, l'inflation, la consommation per capita, l'indice NYSE, la structure à terme et la prime de risque sont des variables qui expliquent la volatilité des produits dérivés que nous avons choisi.

Nous nous demandons aussi quel est l'impact du prix du sous-jacent pour chacun des produits dérivés de façon générale. La production automobile a-t-elle un impact sur le produit dérivé du baril de pétrole. Le taux de change influence t-il les variations des rendements des produits dérivés tropicaux. Les variables citées ci-dessus constitueront nos hypothèses de recherche.

Les raisons qui nous ont poussées à choisir ces agrégats comme déterminants de notre modèle ou comme sources de variations de nos produits dérivés sont multiples et nous essaierons d'en présenter les plus pertinentes à travers l'intérêt qu'a notre étude.

INTÉRÊT DE LA RECHERCHE

Les produits dérivés jouent un rôle de couverture contre les différents risques (de prix, de taux de change et de crédit). Par ailleurs, ils permettent aux gestionnaires de fonds de diversifier de façon efficiente leurs portefeuilles. En effet, les fondamentaux des produits dérivés sont différents de ceux des produits financiers traditionnels. De plus, ils sont plus rentables. Vu les profits qu'ils génèrent, il semble donc primordial pour les financiers de déterminer avec précision l'origine de leur volatilité s'ils veulent atteindre ou améliorer leurs performances en matière de rentabilité.

Les gestionnaires de fonds allouent des parts de plus en plus importantes de ressources aux titres financiers des matières premières, compte tenu du fait que ces dernières années leurs marchés ont une tendance à la hausse et aussi, que les marchés financiers des actions et des obligations ont des résultats discutables.

L'offre des produits dérivés est sans cesse en évolution. À travers ce sujet, nous donnons un moyen aux banques d'améliorer et de développer des produits dérivés qui s'adaptent le mieux à l'évolution économique des prochaines années.

Ce sont donc quelques raisons qui pourraient justifier une étude dans ce domaine. Plus précisément au niveau de l'origine des variations et par conséquent, de la prévision de ces actifs financiers.

D'un point de vue théorique, notre sujet revêt une certaine originalité parce qu'il a l'ambition d'évaluer les produits dérivés des matières premières à partir du MEA. Les

travaux empiriques qui portent sur le MEA ont généralement trait aux actifs financiers ordinaires. Autrement dit, la question centrale de notre étude porte sur l'évaluation des produits dérivés des matières premières à travers la détermination des leurs sources de variations. Par ailleurs, la majeure partie des travaux qui traitent du MEA et des commodités primaires porte sur le pétrole. Appliquer cette méthode aux produits tropicaux sort quelque peu de l'ordinaire. Enfin, on évalue habituellement les produits dérivés à partir de la méthode de Black et Scholes.

De nos jours, les produits dérivés représentent l'essentiel des transactions et des placements financiers; tout gestionnaire se doit donc de les connaître, de les cerner et surtout de comprendre les phénomènes qui tendent à les influencer.

D'où l'intérêt de l'application du modèle d'évaluation par arbitrage qui permet de mettre en exergue les différents facteurs explicatifs des fluctuations d'un actif financier.

Des débuts de la finance à nos jours, l'évaluation des actifs financiers a été un sujet des plus analysés et étudiés. À travers une revue de littérature nous retracerons les travaux les plus importants et les plus intéressants relatifs à ce sujet et qui s'inscrivent dans le cadre de notre analyse.

CHAPITRE I

REVUE DE LITTÉRATURE

Notre revue de littérature consistera à situer le modèle d'évaluation par arbitrage dans un cadre historique à savoir les raisons de son élaboration. Nous en ferons par la suite une présentation en énonçant ses hypothèses et aussi l'idée centrale qui s'en dégage. Nous évoquerons par la même occasion les principaux résultats obtenus en ce qui concerne les facteurs explicatifs des actifs financiers. Nous parlerons aussi des différents développements, critiques et améliorations qui y ont été apportés.

Notre sujet parle de l'application du modèle d'évaluation par arbitrage aux actifs financiers liés aux matières premières. C'est une méthode d'évaluation atypique pour le genre d'actifs financiers en question car il s'agit de produits dérivés qui généralement sont évalués à partir du modèle de Black et Scholes.

Avant donc de situer le MEA dans son cadre historique, nous nous attarderons un peu sur le modèle de Black et Scholes.

Dans le domaine des produits dérivés, Bachelier (1900) fut le premier à proposer un modèle d'évaluation à travers sa théorie de spéculation. Black et Scholes (1973) s'en inspirèrent d'ailleurs pour construire leur fameux modèle d'évaluation. Ce modèle qui fut appliqué aux options européennes permet de déterminer la valeur future de l'actif à partir d'un taux d'intérêt et de la variance de celui-ci. Bien que prenant en compte la variation du produit dérivé, il n'en donne pas les raisons. Par ailleurs, le modèle de Black et Scholes traite du prix et non du rendement des actifs financiers.

D'autres modèles d'évaluation des produits dérivés ont été élaborés toujours aussi sophistiqués les uns que les autres.

Comme exemple nous pouvons citer l'application de la loi binomiale qui permet de suivre le cours d'une option en temps discret. Cox, Rubinstein et Ross (1979) furent les précurseurs dans l'application de cette méthode aux produits dérivés. Pour eux, les actifs financiers suivent un processus binomial durant un intervalle de temps très court.

Il s'agit là des méthodes traditionnelles d'évaluation des produits dérivés. Bien qu'étant basés sur des mathématiques très complexes, elles ne nous indiquent pas les sources de variation des actifs. Elles ne fournissent donc aucune explication sur les facteurs déterminants la volatilité des produits dérivés.

Les modèles de la théorie de portefeuille apportent une solution à cette absence d'explication. Que ce soit le MEDAF (modèle d'évaluation des actifs financiers) ou le MEA, ils donnent tous les deux les raisons de la variabilité des actifs financiers. Le point de départ de ces modèles est la théorie de la frontière efficiente de Markowitz (1952).

Selon cette théorie, le critère de choix des actifs est le couple variance-moyenne. Ainsi, pour tout rendement, il existe un actif ou portefeuille à variance minimale dont l'ensemble constitue la frontière efficiente. Sharpe (1964), puis Lintner (1965) s'en servirent par la suite pour formaliser le MEDAF.

Selon ce modèle, le facteur du marché ou portefeuille du marché explique les fluctuations des actifs financiers. Et chaque actif est relié à ce facteur par un coefficient appelé bêta qui correspond au rapport entre la covariance de l'actif considéré et le portefeuille du marché sur la variance de ce dernier. On appelle généralement ce coefficient bêta. Un bêta de 1.5 signifie qu'une variation d'une unité de la variable indépendante entraîne une variation de 1.5 unités de la variable dépendante. Le MEDAF est simple, mais il a pour inconvénient d'être restrictif à cause de ses hypothèses de base (homogénéité des anticipations de rentabilité et de

risque, prêts et emprunts se font au taux unique de l'actif sans risque). Selon Roll (1977), il est nécessaire de revoir le MEDAF ou CAPM «*Capital Asset Pricing Model*» originel lorsque les ventes à découvert ou les emprunts sont restreints. Qui plus est, le portefeuille du marché est difficilement identifiable dans la réalité. Et selon lui, il devrait aussi prendre en compte le capital humain. Néanmoins, il serait possible d'utiliser un indice boursier comme proxy du portefeuille de marché, même si le MEDAF demeurerait toujours inefficace. Fama et French (1992) parlent de l'existence d'autres sources de variation à part le portefeuille du marché ; il s'agit de facteurs spécifiques à l'entreprise (le ratio prix sur bénéfice et le ratio capitalisation boursière sur actif net). Malgré le fait que leur modèle à 3 facteurs soit sans fondement théorique, reste qu'il fournit des résultats empiriques satisfaisants. Pour Ross (1977), il n'existe pas de test robuste pour valider empiriquement le CAPM.

Étant donné que l'idée selon laquelle le portefeuille du marché est la seule source de variation des actifs financiers n'est empiriquement pas fondée, et vu que le portefeuille du marché qui est défini comme le portefeuille englobant tous les actifs existants est difficilement identifiable dans la réalité, la théorie du modèle d'évaluation par arbitrage (MEA) s'avéra être une alternative crédible au MEDAF. Elle fut élaborée par Stephen Ross (1976). L'idée essentielle qui s'y dégage est qu'il existe plusieurs sources de variation des actifs financiers. Et en absence d'arbitrage, il est possible d'exprimer le rendement de chaque actif financier comme fonction linéaire des facteurs qui expliquent sa volatilité. Et chaque facteur est lié au rendement de l'actif par un coefficient de sensibilité appelé bêta. La théorie du MEA est basée sur les hypothèses de complétude du marché, d'homogénéité des anticipations, d'existence d'actif sans risque et d'absence d'opportunité d'arbitrage. L'hypothèse d'absence d'arbitrage fut démontrée par Huberman (1982). Il définit un portefeuille d'arbitrage comme un portefeuille dont l'acquisition ne coûte rien étant donné que la somme des pondérations allouées aux actifs le constituant est nulle. Une opération d'arbitrage serait donc la possibilité de créer une suite de portefeuilles (d'arbitrage) dont le

rendement espéré tendrait vers l'infini et la variance serait nulle au fur à mesure que le nombre de ces portefeuilles augmenterait. Il s'agit là d'une condition asymptotique d'arbitrage. Pour lui l'absence d'arbitrage se traduirait par une limite à l'infini de la variance non-nulle. En d'autres termes, il n'existe pas d'opportunité d'arbitrage sans risque. Cette condition de non arbitrage se traduit par une relation linéaire entre le rendement moyen d'un actif et ses facteurs explicatifs.

Les années 80 marquent le développement de la théorie de l'APT « *Arbitrage Pricing Theory* » ou MEA, et durant cette période une multiplicité d'articles a été publiée dans le but de la simplifier et de la clarifier. Cette période est aussi caractérisée par la contradiction. Ainsi, Grinblatt et Titman (1983) utilisent une hypothèse d'équilibre au lieu de celle d'arbitrage de Ross (1976) pour dériver le MEA. Pour Grinblatt et Titman, les agents économiques ne détiennent pas nécessairement des portefeuilles sans risque idiosyncratique. Et par conséquent, le MEA ne tient pas correctement. Chen et Ingersoll (1983) eux abondent dans le même sens que Connor. En effet pour eux, les agents détiennent des portefeuilles sans risque idiosyncratique.

Grinblatt et Titman ont permis l'utilisation de l'équilibre au lieu de l'arbitrage dans la théorie du MEA. Pour cela ils ajoutèrent des restrictions aux préférences des agents économiques. Leur approche permet d'évaluer n'importe quel actif quelque soit sa proportion dans la richesse totale. Par ailleurs, ils apportèrent un caractère plus intuitif à la théorie en utilisant les fonctions d'utilité et l'hypothèse d'équilibre. De plus, ils appliquèrent le MEA dans le cadre d'une économie finie. Dybvig (1983) en fit de même. Il donna une limite aux variances des actifs évalués. Pour lui, il est inutile d'utiliser les dérivations complexes du MEA (Ross 1976) dans le cas d'une économie finie.

Stambaugh (1983) étendit l'analyse du MEA à l'arbitrage conditionnelle. Pour lui, il est possible que les agents aient des informations sur les tendances futures du

marché. De ce fait, ces informations doivent être intégrées dans le processus d'évaluation des actifs.

Roll (1977) appuya la thèse de Ross à savoir que les sources de variation des actifs sont multiples. Afin de valider empiriquement le MEA, Ross et Roll (1980) effectuèrent une étude empirique sur les « *equities* » individuels pour la période de 1962 à 1972. A la suite de plusieurs tests, ils concluent qu'il existe trois ou peut-être quatre facteurs pertinents qui captent la volatilité de ces actifs financiers. Et aussi, bien que comportant des imperfections empiriquement, le MEA peut être utilisé pour expliquer les variations des rendements moyens des actifs et qu'il n'a pas d'alternative crédible. Dhrymes, Friend, Gutlekin (1984) adressèrent un certain nombre de critiques au MEA. Ils affirmèrent qu'il est incorrect que Ross et Roll considèrent seulement une partie des actifs financiers. Selon eux, ils doivent les considérer dans leur ensemble afin de prouver leur théorie. La difficulté d'appliquer des tests économétriques pertinents aux coefficients de sensibilité provient du fait que la théorie reste évasive sur le nombre de facteurs. De plus, le nombre de facteurs pertinents n'est pas compris entre trois et cinq comme l'avancent Ross et Roll. Mais il est plutôt fonction croissante du nombre d'actifs contenu dans chaque groupe de portefeuilles.

En réponse aux critiques faites par Dhrymes, Friend, Gutlekin (1984), Ross et Roll (1984) réaffirment que bien que le MEA ne dispose pas de test entièrement robuste, il demeure une théorie fiable et pertinente.

J.D. Jobson (1982) démontra qu'il est possible d'utiliser le test du maximum de vraisemblance pour valider le MEA. Chen (1983) utilise le MEA pour tester les paramètres d'un modèle où l'indice du marché est la variable dépendante. Il arrive à la conclusion que le MEA est plus efficace que le MEDAF. Les méthodes économétriques conventionnelles ne permettant pas de déterminer le nombre de facteurs de façon systématique, les chercheurs se tournèrent vers d'autres méthodes.

Chamberlain et Rothschild (1983) trouvent qu'il est beaucoup plus simple d'utiliser l'analyse en composantes principales que l'analyse multifactorielle pour déterminer une relation linéaire approximative entre les facteurs explicatifs et la variable dépendante.

Il est vrai que la théorie du modèle d'évaluation par arbitrage met en exergue la diversité des facteurs de variation des actifs, cependant elle reste évasive quant à leur détermination ou à leur nombre. Aussi, nombreux sont les écrits qui ont été rédigés en vue de palier à ces insuffisances. De tous ces travaux deux courants essentiels se dégagent : les courants économique (Chen et Al) et quantitatif (Connor et Korajczyk).

Le courant économique consiste à choisir a priori des facteurs (économiques, financiers ou fondamentaux) et à les tester ensuite. Ces facteurs sont généralement les déterminants de l'économie. Parmi les chercheurs de ce courant de pensée, nous avons Chen, Roll, Ross (CRR) (1986) et Hansen (1995).

CRR (1986) prétendent que les actifs sont influencés par les informations concernant certains déterminants de l'économie. Pour cela, ils testent si les changements affectant certaines variables macroéconomiques sont susceptibles d'influencer le cours des actions du marché financier. Selon eux les variables telles que l'écart entre le taux d'intérêt à long terme et le taux d'intérêt à court terme (structure à terme), la différence entre inflation non-anticipée et inflation anticipée, la production industrielle et l'écart entre les obligations de court terme et de long terme (prime de risque) et aussi le prix du pétrole peuvent expliquer la volatilité des actifs financiers.

Il existe une multitude d'écrits sur les variables économiques expliquant la volatilité des actifs financiers. Ils sont dans la grande majeure partie des cas inspirés des travaux de CRR (1986). Nous évoquerons quelques-uns d'entre eux.

À partir de deux échantillons sur les obligations du *London Stock Exchange*, Antonios, Garrett et Priestley (1986) testent l'efficacité de l'APT. Ils utilisent la production industrielle, l'inflation, le taux de change, les ventes aux détails, les prix des commodités, l'offre de monnaie, la structure à terme, l'excédent du rendement ou prime de risque de défaut comme régresseurs. Ils concluent que l'inflation et l'excédent de rendement (prime de risque de défaut) permettent d'avoir des primes de risque identiques pour les deux échantillons différents. Ces variables semblent donc les plus pertinentes pour être les facteurs explicatifs communs aux actifs financiers.

Bodurtha (1994) tente d'expliquer les « *equities* » américains dans un contexte international à partir de variables telles que le marché américain, le marché étranger, l'inflation, la prime de risque, la structure à terme, la production industrielle et le portefeuille du marché américain. Pour cela, il se base sur les travaux de CRR (1986) et aussi de ceux de Chan, Chen and Hsieh (1985). Il trouve que les facteurs internationaux ont un pouvoir explicatif sur les actifs financiers en question.

Bodurtha, Cho et Lemma (1989) appliquent les mêmes facteurs que précédemment aux actions du marché américain. Ils trouvent que l'indice du marché, l'inflation, la production industrielle, le prix du pétrole, les rendements des bonds du trésor (taux d'intérêt) sont significatifs dans un contexte international. Grâce à ce résultat ils peuvent affirmer que l'APT a une dimension internationale.

Ataullah (2001) applique l'APT au marché pakistanais des actions. Il constate que l'inflation, le taux de change, la balance commerciale et le prix du pétrole sont des sources de volatilité des actifs financiers.

Chen, Cheng et Bradford (1997) établissent une comparaison entre le modèle des macros variables et l'approche d'analyse multifactorielle pour expliquer la volatilité du rendement des « *equities* ». Ils arrivent à la même conclusion que Chen et Jordan (1993). En effet, ils constatent que l'inflation, la prime de risque, la structure à

terme et la production industrielle permettent d'expliquer une plus grande proportion de la volatilité des *equities* comparativement aux facteurs issus de l'approche statistique.

En appliquant l'APT au marché financier japonais sur les périodes antérieures et postérieures à la bulle économique, Azeez et Yashuiro (2006) constatent que l'offre de monnaie, l'inflation, le taux de change et la production industrielle sont significatives.

Edwin, Gruber et Blake (1995) appliquent l'APT au marché des obligations. Ils établissent différents modèles. Ils constatent que ceux qui ne comportent pas les variables fondamentales sont rejetés. Par ailleurs, selon eux l'indice du marché constitue la variable la plus pertinente pour ce qui est de l'explication des variations des actifs financiers.

Shanken et Weinstein (1990) trouvent que seul l'indice de production industrielle est significatif, et que même la prime de risque qui semble avoir un pouvoir explicatif déterminant dans les travaux de CRR (1986) dont ils s'inspirent n'est pas pertinente dans leur étude.

Hansen, Heaton, Luttmer (1995) fournissent les instruments nécessaires pour faire une évaluation économétrique d'un modèle inter-temporel d'évaluation.

Quant au courant quantitatif; en se basant sur les travaux de Chamberlain et Rothschild (1983), Trzcinka (1986) démontre à partir d'une étude empirique que le nombre de facteurs nécessaires à la modélisation du MEA dépend des valeurs propres associées à la matrice de covariance de ces facteurs. A la suite de cette étude, il conclut que juste un seul facteur explique de façon significative les variations des actifs financiers. Et au-delà d'un facteur il n'est pas évident de déterminer le nombre de facteurs pertinents.

Connor et Korajczyk (1993) tentent d'apporter une solution à la détermination des facteurs. Pour cela, ils utilisent leur test pour un modèle multifactoriel approximatif. La robustesse de leur test vient du fait que les hypothèses de leur modèle sont plus flexibles, et ne les obligent pas à avoir d'actifs dont les rendements sont non-corrélés. Par ailleurs, en appliquant leur test aux actifs financiers du NYSE et du NYMEX (*New York Mercantile Exchange*), ils trouvent qu'un seul facteur est significatif.

Pour MacKiernan (1997) une mesure GARCH de la valeur du revenu aléatoire ou incertain est un facteur explicatif dans un modèle MEA.

Comme alternative à ces deux courants de pensée nous avons le courant financier mené par Fama et French. Ce courant de pensée se penche plus sur les facteurs spécifiques à l'entreprise. Fama et French (1992) montrent que le ratio valeur comptable sur valeur du marché, la taille de l'entreprise expliquent les fluctuations du cours des actions. Même si leurs travaux ne sont basés sur aucune théorie, ils sont néanmoins empiriquement performants.

Jia et Lilian (1994) démontrent donc que les facteurs macroéconomiques (1986) ne sont pas des « *proxies* » du ratio de la valeur comptable sur la valeur du marché et de la taille de l'entreprise (Fama et French 1992). Par ailleurs, ces facteurs macroéconomiques n'expliquent pas l'effet du ratio valeur comptable sur valeur du marché pour les rendements en coupe transversale des indices boursiers NASDAQ, AMEX et NYSE.

CRR (1986) ont tenté de démontrer l'impact des variables macroéconomiques sur le cours des actifs financiers. Parmi ces variables, figure le prix du pétrole qu'ils considèrent comme non significatif. Basher et Sadorsky (2006) montrent l'impact du pétrole sur les rendements des actions des pays émergents. Ils utilisent les méthodes conditionnelle et inconditionnelle d'analyse du risque et aussi la méthode

d'évaluation des capitaux-investissements. Ils en déduisent que le pétrole joue un rôle positif dans l'évaluation des actifs des pays émergents. Dans leur revue de littérature ils parlent des travaux de leurs prédécesseurs tels que Kaneko et Lee (1995), Ferson et Harvey (1995) qui trouvent que le prix du pétrole joue un rôle déterminant dans les variations des actifs financiers.

Pour certains économistes, la volatilité du prix du pétrole peut s'expliquer par la théorie du déport. Il s'agit entre autres de Litzenberger et Rabinowitz (1995). En introduisant l'incertitude dans leur modèle, ils parlent des évidences empiriques et théoriques de la théorie du déport sur le prix d'exercice de l'option d'achat, ils démontrent que la théorie du déport en période de certitude d'Hotelling n'est pas vérifiée en situation d'incertitude. En effet, même si le coût d'extraction augmente au taux d'intérêt, il est possible d'avoir une situation de déport (faible ou forte).

Crowder et Hamed (1993) utilisent le test de coïntégration pour vérifier les hypothèses d'efficience et les conditions d'arbitrage pour les produits dérivés du baril de pétrole. L'hypothèse d'efficience impliquerait selon eux un rendement nul pour les produits pétroliers dérivés qui sont l'objet de spéculation. L'hypothèse d'équilibre serait synonyme d'égalité entre le rendement généré par les produits dérivés du marché spéculatif pétrolier et celui du rendement de l'actif sans risque.

Bopp et Sitzler (1987) testent l'hypothèse selon laquelle le prix à terme est une bonne prévision du prix au comptant du pétrole de chauffage. A la suite de l'application de plusieurs méthodes, ils arrivent à la conclusion que le prix à terme permet d'améliorer la prévision à court terme. Mais, à long terme les résultats deviennent biaisés.

Silvapulle et Moosa (1999) examinent la relation entre prix au comptant et prix à terme à travers l'exemple du marché pétrolier. Ils utilisent des données journalières du produit pétrolier « *West Texas Intermediate* » (WTI). Le WTI est utilisé comme

indice boursier des prix de produits pétroliers et constitue aussi un sous-jacent pour les produits pétroliers dérivés du NYMEX. On l'appelle aussi « *Texas Sweet Light* ». A partir d'une série de tests, ils essaient de déterminer le sens de la causalité entre prix à terme et prix au comptant. En utilisant le test de causalité linéaire de Granger, ils arrivent à la conclusion que le prix à terme détermine le prix au comptant. En appliquant un autre type de test, ils arrivent à une conclusion tout autre qui est qu'il existe une interdépendance entre ces deux variables (test de causalité non-linéaire).

Tolmasky et Hindanov (2002) utilisent l'analyse en composantes principales pour analyser des courbes corrélées du marché du pétrole. Grâce à leur méthode, ils arrivent à réduire le nombre de facteurs expliquant la variabilité du baril de pétrole et de l'huile de chauffage. Par ailleurs, ils appliquent l'analyse en composantes principales aux commodités saisonnières.

La prime de risque, l'inflation, le taux de change, la production industrielle ont des primes de risque qui sont négatives dans l'étude qui porte sur les equities du Royaume Uni. La période d'étude est de 1980 à 1994 et la périodicité est mensuelle. (Voir Antonios, Garrett et Priestley (1998)).

Priestley (1996) en appliquant trois méthodes d'évaluation différentes à trois panels trouve des primes de risque négatives. En effet, dans le premier cas, il trouve que la prime de défaut, l'inflation non anticipée et anticipée et les prix des commodités ont des primes de risque négatives.

Pour le second panel, les ventes réelles au détail, les prix des commodités et l'inflation non anticipée ont des primes de risque négatives. Et dans le troisième panel, il y'a juste la prime de risque de l'inflation non anticipée qui est négative.

Bodurtha (1994) trouve des primes de risque négatives associées à la production industrielle, l'inflation non anticipée et la structure à terme pour ce qui est de la période de 1973 à 1977.

Chen, Roll et Ross (1986) trouvent des primes de risque négatives pour l'inflation non anticipée, l'inflation anticipée et la structure à terme. Les actifs financiers qui sont corrélés négativement à la structure à terme ont plus de valeur surtout lorsque le taux d'intérêt de long terme baisse.

Il n'est donc pas extraordinaire de voir des primes de risque négatives surtout celles associées aux variables macroéconomiques. Diverses raisons peuvent expliquer ce fait. En effet, la valeur de la prime de risque dépend de la période à laquelle elle est calculée et aussi de l'état du marché, et cela n'est par ailleurs pas une aberration dans le cas de facteurs macroéconomiques car, ce ne sont pas des portefeuilles d'actifs financiers. On ne peut donc pas leur associer des primes de risques ou des rendements financiers au sens propre du terme.

A titre de récentes publications, nous pouvons citer Pindyck (2004) qui étudia les déterminants de la volatilité des commodités. Pour cela, il utilise un modèle qui explique et estime la volatilité des produits pétroliers (baril de pétrole, huile de chauffage et gasoil) à partir de données journalières et hebdomadaires. Ce modèle analyse la dynamique conjointe des stocks, des prix au comptant et à terme de ces commodités. Ces résultats sont en partie en adéquation avec la théorie dynamique du prix des commodités. En effet, les résultats coïncident parfaitement avec la théorie dans le cas de l'huile de chauffage mais il est difficile de clairement les interpréter pour ce qui est des résultats du baril de pétrole ou du gasoil. Cortazar et Naranjo (2006) utilisent le filtre de Kalman pour calibrer leur modèle multifactoriel gaussien. Après une série d'essais, ils arrivent à la conclusion que quatre facteurs expliquent

parfaitement la volatilité de la structure à terme des prix des produits dérivés pétroliers.

Lautier et Riva (2008) étudient les déterminants de la volatilité de produits dérivés pétroliers américains. Selon eux, la volatilité peut s'expliquer par deux types de facteurs que sont les facteurs macroéconomiques et l'attitude des spéculateurs sur le marché du pétrole. Cette attitude explique une part significative de la volatilité des produits dérivés pétroliers. Et elle représente aussi un bruit blanc qui correspond aux erreurs de prévisions faites par les spéculateurs qui croient détenir la bonne information. Copolla (2008) montre l'importance de la prise en compte de l'information dans la prévision des prix à terme et spot. Il utilise le modèle de correction vectorielle des erreurs pour montrer qu'une proportion significative de la variation des prix pétroliers provient de l'information des marchés à terme. Bernard, Khalaf, Kichian, McMahon (2008) font une comparaison entre les modèles d'évaluation des prix à terme. Selon eux, le meilleur modèle pour évaluer ou prévoir le prix spot ou à terme sur une échéance courte ou longue est celui du retour à la moyenne. Et ensuite, vient le modèle de marche aléatoire avec GARCH et innovations normales ou student-t qui est meilleur par rapport à celui du saut suivant une loi de poisson avec GARCH et innovations normales ou student-t.

L'utilisation des facteurs macroéconomiques comme variables explicatives dans le MEA se fait généralement sur les actions et les obligations. L'originalité de notre étude sera d'appliquer cette méthode aux produits dérivés financiers du baril de pétrole, de l'huile de chauffage, du gasoil et surtout du café et du cacao. En effet, il n'y'a pas assez de travaux empiriques dans ce domaine qui portent sur les produits financiers dérivés du café et du cacao. Par ailleurs, nous avons ajouté comme variables explicatives la production automobile et les prix des sous-jacents respectifs des différents produits dérivés comparativement à Chen, Roll et Ross (1986).

CHAPITRE II

DONNÉES

Nous nous sommes assignés pour objectif l'application du modèle d'évaluation par arbitrage aux produits dérivés liés au pétrole, au cacao et au café. Notre étude portera sur la période de 1983 à 2006 pour ce qui est du secteur pétrolier et de 1966 à 2006 pour ce qu'il en est des produits tropicaux.

Le choix de nos variables indépendantes s'est fait principalement grâce à l'étude de Chen, Roll et Ross (1986). Nous avons essayé de traiter certaines variables comme eux.

2.1. PRÉSENTATION DES DONNÉES

Le rendement des produits dérivés financiers

Un produit dérivé est un instrument financier dont la valeur dépend du taux ou du prix d'un produit appelé sous-jacent. Il ne nécessite pas de mise initiale et son dénouement s'effectue à une date ultérieure. Il s'agit donc d'un contrat entre un acheteur et un vendeur qui définit des flux financiers futurs basés sur ceux d'un actif sous-jacent.

Les transactions sur les produits dérivés sont en forte croissance depuis le début des années 80 et représentent désormais l'essentiel de l'activité des marchés financiers. En 2004, l'ISDA (*International Swaps and Derivatives Association*) a relevé une croissance annuelle de 29% pour les dérivés sur produits de taux d'intérêt et de 21% pour les dérivés sur actions et indices d'actions.

Le rendement correspond à la variation relative du prix d'un actif financier. Nous avons calculé le rendement des variables dépendantes de la façon suivante :

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}},$$

R_t = rendement du produit dérivé à la période t ,

P_t = cours du produit dérivé à la période t et,

P_{t-1} = cours du produit dérivé à la période $t-1$.

La production industrielle

La production industrielle représente le niveau d'activité d'une économie. Elle est généralement mesurée par un indice. Selon l'INSEE² «l'indice de la production industrielle (IPI) est un instrument statistique qui mesure les variations des quantités produites dans l'industrie. Si l'on se réfère à la classification traditionnelle des activités économiques en trois secteurs, les IPI se rapportent au secteur dit secondaire : usines, chantiers, mines et carrières. Les produits suivis sont situés à tous les niveaux des processus de fabrication ».

CRR (1986) utilisent le logarithme de la variation de la production industrielle qui se calcule comme suit :

$$PT(t) = \log PI(t) - \log PI(t-1),$$

$PT(t)$ = Croissance de la production industrielle en t ,

$PI(t)$ = production industrielle en t ,

$PI(t-1)$ = production industrielle en $t-1$.

² INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques.

La prime de risque

Afin de capturer les effets sur les rendements de changements non anticipés dans la prime de risque, nous utiliserons une autre variable du marché monétaire, il s'agit de la prime de risque :

$$PR(t) = Baa(t) - LGB(t),$$

$PR(t)$ = prime de risque,

$LGB(t)$ = le rendement sur le portefeuille à long terme d'une obligation, gouvernementale,

Baa = obligation américaine de court terme.

Nous avons repris le calcul de CRR (1986). Et selon CRR, la prime de risque doit avoir en principe une moyenne nulle dans un monde neutre au risque. Par ailleurs, cette variable devrait représenter la variation non anticipée du degré d'aversion au risque

La structure à terme

Afin de cerner l'influence de la forme de la structure à terme, nous utilisons la variable suivante :

$$UTS(t) = LGB(t) - TB(t-1),$$

sous l'hypothèse de la neutralité au risque nous avons :

$$E[UTS(t) | t-1] = 0,$$

$TB(t-1)$ = rendement d'un bon du trésor américain à la période $t-1$.

Ce calcul est aussi tiré de CRR (1986). Et d'après CRR, la variable $UTS(t)$ pourrait représenter le rendement non anticipé d'un bon du trésor à long terme. L'hypothèse de neutralité est utilisée pour isoler les effets purement liés à la structure à terme. L' UTS est utilisée pour capturer les effets du changement de l'aversion au risque.

La consommation per capita

La consommation per capita est obtenue en faisant le rapport entre la consommation totale et la population. Elle représente la consommation moyenne d'un habitant. On utilise le logarithme de ce rapport dans notre étude.

Le prix du pétrole

Le pétrole est un produit d'une importance capitale dans l'économie mondiale. Les économistes s'accordent pour dire qu'il est un déterminant de l'économie mondiale. C'est la raison pour laquelle nous l'avons inclus dans nos variables indépendantes. Nous utiliserons le logarithme de l'indice de prix du « *crude petroleum* ou WTI » produit par le bureau de la réserve fédérale américaine de Saint Louis.

Le prix des matières premières

Les produits dérivés sont des contrats à terme qui préétablisent le prix futur de matières premières. Cela se fait à partir des coûts liés à l'acheminement, au stockage et autres frais afférents, auxquels on ajoute le prix au comptant. On peut donc classer les éléments du prix à terme en fonction de leur variabilité. Nous savons que les frais de stockage, d'acheminement et d'assurance sont fixes ou connus lors de l'établissement du contrat. Mais, le prix au comptant futur a un caractère aléatoire. C'est donc lui la source de variation du prix à terme. Selon la théorie économique, le prix reflète l'écart entre l'offre et la demande. Et cet écart est influencé par des facteurs exogènes (sociaux, politiques et climatiques) qui changent d'une manière à l'autre en fonction de leur nature. Les matières premières sont des commodités où le jeu des volumes est très fréquent. Les producteurs peuvent décider de stocker leur

production dans le but de faire augmenter les prix, ou les consommateurs peuvent vouloir constituer des stocks dans le but d'anticiper une pénurie. Ainsi pour les produits saisonniers tels que le café et le cacao, à l'approche des récoltes les prix ont tendance à baisser suite à une anticipation d'une augmentation de l'offre. Les autorités de régulation de ces pays auront donc tendance à constituer des stocks afin de maintenir constants les prix. À l'approche de l'hiver, le prix de l'huile de chauffage a tendance à augmenter car on sait que la consommation d'énergie va croître durant la période hivernale. Nous utiliserons par conséquent comme variable explicative le prix des produits sous-jacents des différents produits dérivés financiers afin d'apprécier leur impact sur la volatilité de ceux-ci.

Le taux de change

Le taux de change d'une devise peut être défini comme la valeur de celle-ci comparativement à une autre. En d'autres termes, le taux de change représente la parité entre deux monnaies. Le commerce des matières premières se fait sur toute l'étendue géographique de la planète. Les pays producteurs sont généralement les pays du sud et de l'Asie. Et les consommateurs sont ceux du nord. Ces pays ont des devises différentes. Et pour effectuer leurs transactions ils doivent se servir du taux de change qui permet ainsi d'harmoniser les unités de compte. Le taux de change est très important en ce sens qu'il détermine les rapports commerciaux et financiers internationaux. Les pays ayant un taux de change faible par rapport à une devise donnée pourront plus exporter vers cette zone. Ceux dont la monnaie est forte, ont un pouvoir d'achat plus élevé et donc, peuvent se permettre d'importer des commodités. Il faut noter que lorsque les exportations sont importantes elles permettent d'améliorer la balance commerciale et aussi la valeur de la devise. Il existe donc une interaction entre matières premières et taux de change. Dans le sens qu'une monnaie faible permet d'exporter plus de matières premières, et aussi que l'accroissement de ces exportations permet une appréciation de la devise du pays en question, le taux de

change va donc baisser. Le dollar américain étant considéré comme la monnaie par excellence des transactions internationales, il est normal que nous utilisions un taux de change qui soit fonction de lui. Nous avons choisi un indice de taux de change calculé par le bureau fédéral américain et il comprend l'ensemble des devises des partenaires commerciaux les plus importants des États-Unis. Ces devises sont pondérées en fonction de leur poids dans les transactions commerciales américaines.

Le niveau d'inflation

L'inflation est liée aux prix des commodités, elle traduit une hausse du niveau général des prix. Elle entraîne une dégradation du pouvoir d'achat des consommateurs. Ce qui se traduit par une baisse de la demande des biens de consommation et par voie de conséquence des matières premières puisqu'on utilise l'indice des prix pour mesurer le niveau de l'inflation. L'indice des prix comprend l'ensemble des produits représentatifs des habitudes de consommation. Une augmentation de la demande de certains produits peut entraîner une augmentation du prix de l'ensemble des autres. C'est généralement le cas pour le pétrole.

L'indice boursier du NYSE (New York Stock Exchange Composite)

Un indice boursier peut être défini comme un indicateur qui représente l'évolution du cours d'une sélection d'actifs financiers représentatifs du marché boursier. Dans la théorie des portefeuilles, l'indice boursier joue un rôle essentiel car il représente le portefeuille du marché qui est sensé comporter tous les actifs du marché. Étant donné que celui-ci est difficilement identifiable, les chercheurs et praticiens ont choisi comme substitut un indice boursier. Ils considèrent en effet qu'il est assez représentatif des différents actifs sur le marché. Le « *New York Stock Exchange Composite* » semble donc être un bon choix parce qu'il comporte les capitalisations boursières les plus significatives du marché financier américain.

Le taux de croissance

Le taux de croissance représente la variation relative du produit intérieur brut. Il mesure la performance de l'économie d'une année à l'autre ou d'une période à l'autre. Il est l'agrégat macroéconomique par excellence. Les pays importateurs de matières premières ajustent leur consommation de matières premières en fonction de la dynamique de leur activité économique. Ainsi, en période de récession (baisse du taux de croissance), on assiste à une baisse de la demande des matières premières.

Le taux d'intérêt

Le taux d'intérêt rémunère généralement le temps et le risque. Les produits dérivés sont des actifs financiers particuliers de par le fait qu'ils sont des contrats qui se dénouent à une échéance déterminée. Le taux d'intérêt correspond aussi au coût du capital. Les marchés des produits dérivés sont les marchés financiers les plus importants à cause du volume et surtout de la valeur des transactions qui s'y déroulent. Les produits les plus importants sont les produits dérivés des taux d'intérêt. Les taux d'intérêt sont des instruments d'action des banques centrales, pour soit lutter contre l'inflation, soit relancer l'activité économique. Nous avons décidé d'utiliser le taux d'intérêt comme défini dans CRR (1986). C'est un taux d'intérêt ex-post c'est-à-dire qu'il se détermine ultérieurement après que l'on ait eu connaissance de la tendance réelle du taux d'inflation. Il se présente comme suit :

$$RHO = TB(t-1) - I(t),$$

RHO = taux d'intérêt ex-post,

$TB(t-1)$ = taux d'intérêt d'un bon du trésor américain à la fin de la période $(t-1)$,

$I(t)$ = logarithme de l'indice des prix à la consommation à la période t .

La production automobile

Le pétrole constitue la principale source d'énergie, grâce à l'explosion qu'a connue le secteur automobile dans les années 30 du siècle précédent. Les secteurs automobile et pétrolier sont très corrélés. En effet, lorsque le prix du pétrole augmente les ventes automobiles baissent. Les États-Unis constituent le principal constructeur automobile de la planète, nous utiliserons donc la production automobile de ce pays comme variable explicative.

2. 2. LES TYPES DE DONNÉES

L'objet de notre étude est l'application du MEA sur les produits financiers dérivés des matières premières en l'occurrence le pétrole, le café et le cacao. Il s'agit donc de données financières qui représentent le cours d'actifs financiers. La source de données des produits financiers dérivés et de leur sous-jacent (sauf celui du pétrole) est le centre de recherche sur les commodités³. Grâce aux données recueillies sur les différentes places boursières des commodités (NYMEX, NYBOT) par ce centre nous avons pu constituer une base de données couvrant notre période d'étude. Nous avons obtenu ces données sur support CD-ROM (disque compact à mémoire morte).

Les données concernant les variables indépendantes de notre étude ont été trouvées pour la plupart sur les sites internet des différents bureaux d'études du gouvernement américain. Ainsi, les données relatives à la consommation ont été trouvées sur le site web du « *Bureau of Census* ». Quant aux autres variables (indice des prix, indice de taux de change, obligation américaine, population, indice du prix du baril de pétrole...) nous avons pu trouver les données qui leur sont relatives sur le site web « *economagic* » qui comprend les informations des différents bureaux de la réserve fédérale américaine. Nous avons obtenu les données sur l'indice « NYSE » sur le site web de « *Yahoo finance* ».

2. 3. TRAITEMENT DES DONNÉES

Après avoir constitué notre base de données, nous avons été obligés de faire certaines modifications. Nous avons adapté la périodicité (trimestrielle) en fonction de la disponibilité des séries. Les données relatives à la production industrielle, au taux d'intérêt d'une obligation américaine de long terme, au bon du trésor « *bill* », à l'obligation « *Baa* », à l'indice des prix, à la population, à l'indice « NYSE », à

³ CRB : commodity research bureau « encyclopedia of commodity and financial prices 2006 »

l'indice du prix de baril de pétrole et à l'indice de taux de change ont été ramenées à une périodicité trimestrielle tandis qu'elles sont mensuelles. Pour cela nous avons calculé leur moyenne arithmétique trimestrielle. Les autres données nous été fournies avec une périodicité trimestrielle.

Afin d'harmoniser les valeurs nous avons transformé certaines variables de notre modèle. Les valeurs du taux d'intérêt et de l'indice des prix seront laissées en pourcentage. La production automobile, le prix du pétrole, le niveau général des prix, l'indice « NYSE » et le prix du café (commodité) seront mis sous forme logarithmique.

L'échantillon des produits dérivés liés au pétrole est plus petit que celui des produits tropicaux. Ce qui fait qu'au niveau de la stationnarisation des variables indépendantes nous avons constaté quelques différences. En effet, l'indice de production industrielle, le taux de croissance et la prime de risque n'ont pas de racine unitaire quand il s'agit de l'échantillon associé aux produits financiers du café et du cacao. Tandis que dans l'autre échantillon elles ne sont pas stationnaires. A part ce fait toutes les autres variables ont été stationnalisées grâce à la méthode en différence première.

CHAPITRE III

MÉTHODOLOGIE

Nous utiliserons une méthode de recherche empirique ou expérimentale, qui consistera à appliquer le modèle d'évaluation par arbitrage aux produits dérivés du pétrole, du café et du cacao.

3. 1. MODÈLE THÉORIQUE

Le modèle d'évaluation par arbitrage qui a été créé par Ross(1976) se base sur le principe de non arbitrage. En d'autres termes, il n'existe pas d'opération d'arbitrage rentable sans risque. Pour illustrer ses propos voici un exemple d'opération d'arbitrage : en décembre une compagnie achète à découvert un baril de pétrole à 97 dollars qu'elle revend ensuite à 120 dollars. On constate que grâce à cette opération d'arbitrage elle a effectué un gain de 23 dollars.

Selon la théorie du MEA, il n'existe pas de telles opportunités, puisque les arbitragistes jouent le rôle de régulateur en éliminant ainsi toute possibilité d'arbitrage sans risque. Donc, selon l'intuition du MEA, toute opération d'arbitrage se fait en courant un certain risque. Notre entreprise aurait très bien pu subir une perte si le prix du baril avait évolué à la baisse. Les 23 dollars rémunèrent donc le risque qu'elle a pris.

Le modèle d'évaluation par arbitrage a été élaboré afin de palier aux insuffisances et aux restrictions trop contraignantes du MEDAF. Par ailleurs, selon le MEA, les variations des actifs financiers sont générées par un certain nombre de facteurs communs inférieur au nombre d'actifs sur le marché. Nous commencerons la présentation théorique du modèle par une énumération de ses hypothèses:

- Les marchés sont sans friction : il n'y a pas de frais de transactions ou d'impôts, les ventes à découvert sont illimitées, fluidité de l'information, rationalité des investisseurs qui n'anticipent qu'une seule période ;
- homogénéité des anticipations : les investisseurs effectuent tous les mêmes prévisions ;
- existence d'un actif sans risque : actif dont le rendement espéré est certain ;
- arbitrage sans risque : les spéculateurs sont à la recherche d'opportunités d'arbitrage de risque nul ou quasi-nul et ;
- le MEA est un modèle multifactoriel linéaire : les rendements des actifs sont fonction linéaires de facteurs qui leurs sont communs à tous et aussi, de facteurs qui leurs sont spécifiques. On parle de risque systématique pour les premiers et de risque spécifique pour les seconds.

Campbell, Lo, et Mac Kinley (CLM) (1997) se sont intéressés au MEA. En effet, au chapitre VI de leur ouvrage, ils font une présentation exhaustive du MEA. Selon CLM, le MEA fournit une relation approximative entre les rendements espérés et un nombre inconnu de facteurs non identifiés. Par ailleurs, ils présentent cette relation comme suit :

$$R_i = a_i + b_i' f + \varepsilon_i, \quad 3.1.1$$

$$E[\varepsilon_i | f] = 0 \text{ et} \quad 3.1.2$$

$$E[\varepsilon_i^2] = \sigma_i^2 < \infty. \quad 3.1.3$$

Dans cette relation, R_i est le rendement de l'actif i ; a_i est la constante du modèle multi factoriel; b_i est le $(K \times 1)$ vecteur des coefficients de sensibilité de l'actif i associés aux variations des facteurs explicatifs; f est le $(K \times 1)$ vecteur des réalisations des facteurs explicatifs communs à tous les actifs ; et ε_i est le terme d'erreur ou composante idiosyncratique associée au modèle.

Lorsque nous sommes en présence de N actifs le modèle s'écrit de la forme suivante :

$$R = a + Bf + \varepsilon , \quad 3.1.4$$

$$E[\varepsilon | f] = 0 \text{ et} \quad 3.1.5$$

$$E[\varepsilon \varepsilon' | f] = \Sigma . \quad 3.1.6$$

Sous cette forme, R est un $(N \times 1)$ vecteur avec $R = [R_1 \ R_2 \ R_3 \dots R_N]'$; a est un $(N \times 1)$ vecteur avec $a = [a_1 \ a_2 \ a_3 \dots a_N]'$; B est une matrice $(N \times K)$ avec $B = [b_1 \ b_2 \ b_3 \dots b_N]'$; et ε est un $(N \times 1)$ vecteur avec $\varepsilon = [\varepsilon_1 \ \varepsilon_2 \ \varepsilon_3 \dots \varepsilon_N]'$.

CLM supposent que pour des portefeuilles bien diversifiés le terme d'erreur disparaît. Cela nécessite que les termes d'erreur ne soient pas corrélés entre eux. Considérant cette structure, Ross (1976) démontre que l'absence d'arbitrage dans une grande économie entraîne

$$\mu \approx i \lambda_0 + B \lambda_K , \quad 3.1.7$$

où μ $(N \times 1)$ vecteur de rendements espérés, λ_0 est le paramètre zéro-béta du modèle et correspond à l'actif sans-risque, λ_K est le $(K \times 1)$ vecteur des primes de risque et i est un vecteur unité.

Selon CLM, la relation 3.1.7 est approximative et pourrait entraîner des erreurs d'évaluation des actifs financiers. Pour qu'elle soit exacte, il faudrait ajouter d'autres éléments à la structure du modèle.

Selon CLM, la relation 3.1.7 est approximative et pourrait entraîner des erreurs d'évaluation des actifs financiers. Pour qu'elle soit exacte, il faudrait ajouter d'autres éléments à la structure du modèle.

Ainsi, ils prennent l'exemple de Connor (1984) qui donne une relation exacte du MEA basée sur l'équilibre. Dans ce modèle les éléments additionnels requis sont :

- le portefeuille du marché doit être bien diversifié et ;
- les facteurs choisis doivent être déterminants. Cela permettrait aux investisseurs de diversifier le risque idiosyncratique sans avoir à restreindre leur choix de couverture du risque factoriel.

CLM prennent aussi l'exemple des travaux de Dybvig (1985), Grinblatt et Titman (1985) qui étudièrent le potentiel de magnitude de déviations provenant de l'évaluation exacte pour une structure donnée sur les préférences d'un agent économique représentatif. Ces chercheurs arrivèrent à la conclusion que pour une spécification raisonnable des paramètres de l'économie, les déviations théoriques provenant de l'évaluation exacte de facteurs sont négligeables. Par conséquent, des études empiriques sur l'évaluation exacte sont justifiées. Par la suite, CLM justifient l'idée selon laquelle l'évaluation exacte peut être dérivée à partir d'un modèle intertemporel. Le modèle intertemporel du CAPM de Merton (1973a), combiné aux hypothèses sur la distribution conditionnelle des rendements donne un modèle multifactoriel. Dans ce modèle, le portefeuille du marché serait considéré comme facteur unique et les autres variables indépendantes seraient des facteurs additionnels. CLM citent aussi les travaux de Breeden (1979), Campbell (1993a, 1996) et Fama (1993) à titre d'exemple.

3.2. ESTIMATIONS ET TESTS

CLM donnent plusieurs méthodes d'estimation et de tests dans le cas d'une relation d'évaluation exacte. Ils commencent par poser une hypothèse économétrique sur les séries temporelles. Ils partent du fait que les rendements conditionnels sur la réalisation des facteurs sont idiosyncratiques dans le temps et suivent une loi normale multivariée. Le maximum de vraisemblance est utilisé pour la résolution de ces différentes situations. Il s'agit dans le premier cas du fait que les facteurs sont des portefeuilles d'actifs financiers commerciaux avec la présence d'un actif sans risque. Le deuxième cas concerne les facteurs qui sont des portefeuilles d'actifs commerciaux avec absence d'actif sans risque. Le troisième cas concerne les facteurs qui ne sont pas des actifs financiers commerciaux. La quatrième situation concerne des facteurs qui sont des portefeuilles d'actifs financiers commerciaux qui sont sur la frontière efficiente. Ils utilisent la méthode du maximum de vraisemblance pour résoudre ces différentes situations. En ce qui nous concerne nous considérerons le cas où les facteurs ne sont pas des actifs financiers commerciaux.

Un ratio de maximum de vraisemblance peut être utilisé pour tester les 4 situations. Il se présente comme étant

$$J = -(T - \frac{N}{2} - K - 1) \left[\log |\hat{\Sigma}| - \log |\hat{\Sigma}^*| \right], \quad 3.2.1$$

avec $\hat{\Sigma}$ et $\hat{\Sigma}^*$ les estimateurs de maximum de vraisemblance de la matrice de variance-covariance des résidus pour les modèles non contraint et contraint.

T est le nombre d'observations de la série ;

N est le nombre de portefeuilles inclus ; et

K est le nombre de facteurs.

La statistique J est comparée à un khi deux de degré de liberté égal au nombre de restrictions imposées sous l'hypothèse nulle.

Les hypothèses associées à cette statistique sont :

$$H_0 : a = i \lambda_0 + B(\lambda_k - \mu_{fk}) \text{ et}$$

$$H_1 : a \neq i \lambda_0 + B(\lambda_k - \mu_{fk}).$$

Le non rejet de l'hypothèse nulle signifierait que le rendement moyen de l'actif financier (variable dépendante) est fonction linéaire des facteurs explicatifs. On serait dans une situation d'absence d'arbitrage. Par conséquent le rejet de l'hypothèse nulle équivaudrait à l'absence de relation linéaire entre le rendement de l'actif financier et les facteurs explicatifs. On aurait donc dans ce cas des opportunités d'arbitrage. Ce test a été appliqué dans beaucoup de recherches dont Antonios, Garrett et Priestley (1986).

Dans le cas du modèle où les variables d'états sont des agrégats macroéconomiques telles que le PIB, l'inflation, CLM considèrent que l'estimation et le test du modèle se font dans le cadre d'un modèle d'évaluation exact se définissant comme suit: supposons que nous avons le vecteur R_t ($N \times 1$) représentant les rendements des N actifs, dans le cas du modèle non contraint avec K facteurs linéaires, nous avons les éléments suivants :

$$R_t = a + B f_{kt} + \varepsilon_t, \quad 3.2.2$$

$$E[\varepsilon_t] = 0, \quad 3.2.3$$

$$E[\varepsilon_t \varepsilon_t'] = \Sigma, \quad 3.2.4$$

$$E[f_{kt}] = \mu_{fk}, \quad E[(f_{kt} - \mu_{fk})(f_{kt} - \mu_{fk})'] = \Omega_k \text{ et} \quad 3.2.5$$

$$\text{cov}[f_{kt}, \varepsilon_t] = 0. \quad 3.2.6$$

La matrice (N×K) des coefficients de sensibilité associés aux différents facteurs est B, f_{kt} est le vecteur (K×1) des facteurs de réalisations. Les vecteurs (N×1) de rendement constant et des perturbations sont respectivement représentés par a et ε_t . La matrice de variance covariance de l'excès de rendement des facteurs est Ω_k , \mathbf{O} est la matrice (K×N) des zéros.

Les estimateurs du maximum de vraisemblance pour le modèle non contraint sont :

$$\hat{a} = \hat{\mu} - \hat{B}\hat{\mu}_{fK},$$

$$\hat{B} = \left[\sum_{t=1}^T (R_t - \hat{\mu})(f_{Kt} - \hat{\mu}_{fK})' \right] * \left[\sum_{t=1}^T (f_{Kt} - \hat{\mu}_{fK})(f_{Kt} - \hat{\mu}_{fK})' \right]^{-1}, \quad 3.2.7$$

$$\hat{\Sigma} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (R_t - \hat{a} - \hat{B}f_{Kt})(R_t - \hat{a} - \hat{B}f_{Kt})', \quad 3.2.8$$

$$\text{avec } \hat{\mu} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T R_t \text{ et } \hat{\mu}_{fK} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T f_{Kt}. \quad 3.2.9$$

Le modèle contraint se présente comme suit :

$$\mu = a + B\mu_{fK}, \quad 3.2.10$$

sous l'hypothèse nulle $H_0 : a = i\lambda_0 + B(\lambda_k - \mu_{fK})$.

Lorsque H_0 n'est pas rejetée, cela signifie que nous n'avons pas d'opportunité d'arbitrage. Donc, il existe une relation linéaire entre le rendement moyen de l'actif financier et les variables indépendantes.

En combinant (3.1.7) et (3.2.10) on obtient l'équation

$$a = i\lambda_0 + B(\lambda_K - \mu_{fK}). \quad 3.2.11$$

En définissant γ_0 comme le paramètre zéro-beta λ_0 , et γ_1 comme $(\lambda_K - \mu_{Fk})$ où λ_K est le vecteur (Kx1) des primes de risque associées aux facteurs, nous obtenons donc pour le modèle contraint :

$$R_t = i\gamma_0 + B\gamma_1 + Bf_{Kt} + \varepsilon_t. \quad 3.2.12$$

Les estimateurs du modèle contraint sont :

$$\hat{B}^* = \left[\sum_{t=1}^T (R_t - i\hat{\gamma}_0)(f_{Kt} + \hat{\gamma}_1)' \right] * \left[\sum_{t=1}^T (f_{Kt} + \hat{\gamma}_1)(f_{Kt} + \hat{\gamma}_1)' \right]^{-1}, \quad 3.2.13$$

$$\hat{\Sigma}^* = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[(R_t - i\hat{\gamma}_0) - \hat{B}^*(f_{Kt} + \hat{\gamma}_1) \right] * \left[(R_t - i\hat{\gamma}_0) - \hat{B}^*(f_{Kt} + \hat{\gamma}_1) \right]', \quad 3.2.14$$

$$\hat{\gamma} = \left[X' \hat{\Sigma}^{*-1} X \right]^{-1} \left[X' \hat{\Sigma}^{*-1} (\hat{\mu} - \hat{B}^* \hat{\mu}_{JK}) \right], \text{ où } X \equiv [i\hat{B}^*] \text{ et } \gamma \equiv [\gamma_0 \gamma_1']. \quad 3.2.15$$

Les restrictions du modèle contraint sur le modèle non contraint sont :

$$a = i\gamma_0 + B\gamma_1. \quad 3.2.16$$

Les restrictions peuvent être testées en utilisant la statistique J de (3.2.1). Sous l'hypothèse nulle, le nombre de degré de liberté est N-K-1. Il y'a N restrictions mais, un degré de liberté est retranché en estimant γ_0 et K degrés de liberté sont utilisés dans l'estimation des K éléments de λ_k . L'estimateur de la variance de $\hat{\gamma}$ est :

$$Var[\hat{\gamma}] = \frac{1}{T} \left(1 + (\hat{\gamma}_1 + \hat{\mu}_{JK}) \hat{\Omega}_k^{-1} (\hat{\gamma}_1 + \hat{\mu}_{JK}) \right) [X' \hat{\Sigma}^{*-1} X]^{-1}. \quad 3.2.17$$

3.3. ESTIMATION DES PRIMES DE RISQUE ET DES RENDEMENTS ESPÉRÉS

Le rendement espéré suit une relation suivante : $\mu = i\lambda_0 + B\lambda_K$.

Il est donc nécessaire de connaître la matrice des coefficients de sensibilité B , le taux de rendement espéré de l'actif sans risque et la prime de risque λ_K . Dans le cas du modèle contraint on peut utiliser une estimation de B c'est-à-dire \hat{B}^* . L'actif sans-risque observé est une bonne approximation de l'actif sans risque. Dans le cas du modèle avec l'actif sans risque, un estimateur de maximum de vraisemblance de γ_0 est approprié. Lorsque les facteurs ne sont pas des portefeuilles, un estimateur du vecteur des primes de risque se présente comme suit :

$$\hat{\lambda}_K = \hat{\mu}_{JK} + \hat{\gamma}_1, \quad 3.3.1$$

$$\text{avec } \text{Var}[\hat{\lambda}_K] = \frac{1}{T} \hat{\Omega}_K + \text{Var}[\hat{\gamma}_1] \text{ et } \text{cov}(\hat{\mu}_{JK}; \hat{\gamma}_1) = 0.$$

A partir de ces estimateurs, on peut effectuer un test joint des facteurs. L'hypothèse nulle est que les facteurs ne sont pas significatifs de façon jointe. Ce qui signifierait que les facteurs macroéconomiques ne seraient pas à même d'expliquer la volatilité du rendement du produit dérivé en question. On a la statistique suivante :

$$J = \frac{(T - K)}{TK} \hat{\lambda}_K' \text{Var}[\hat{\lambda}_K]^{-1} \hat{\lambda}_K. \quad 3.3.2$$

Asymptotiquement sous $H_0 : \lambda_K = 0$, J suit une loi de Fisher avec K et $T-K$ degrés de liberté. On peut tester aussi individuellement les facteurs en utilisant le test suivant :

$$J = \frac{\hat{\lambda}_{JK}}{\sqrt{v_{JJ}}} \approx N(0,1), \quad 3.3.3$$

où $\hat{\lambda}_{jK}$ est le j-ième élément de $\hat{\lambda}_K$ et v_{jj} est le (j ; j) élément de la matrice de variance covariance $\text{Var}[\hat{\lambda}_K]$.

Dans ce cas J suivrait une loi normale asymptotique. Et le non rejet de l'hypothèse nulle signifierait que le facteur auquel est associée la prime de risque n'est pas pertinent pour expliquer les variations du rendement du produit dérivé.

CHAPITRE IV

RÉSULTATS

Nous avons décidé de construire plusieurs modèles économétriques afin d'apprécier l'impact de certaines variables spécifiques comme l'ont fait Chen, Roll et Ross (1976). Il s'agit des modèles de l'indice NSYE, de la consommation per capita, du prix du pétrole, du prix de chaque sous-jacent, de la production automobile et du taux de change. Celui du sur-modèle nous permet d'apprécier le pouvoir explicatif de toutes ces différentes variables.

4. 1. ANALYSE DES RESULTATS DE L'APPROCHE ÉCONOMIQUE

L'analyse des résultats se fera en deux parties. La première partie consistera à analyser les résultats issus des modèles non contraints et la seconde partie présentera ceux des modèles contraints. Les résultats figurent en annexe dans les tableaux A.1 à A.11. Ces tableaux comportent les coefficients de sensibilité obtenus pour les différentes variables et dans chaque modèle. Et aussi, les coefficients de détermination des modèles non contraints et contraints. Nous avons introduit des variables muettes ou dichotomiques dans nos différents modèles afin de corriger les aberrations dans les données. Leur utilisation est conditionnée par un événement ou un phénomène qui explique l'aberration (premier choc pétrolier en 1973). Nous avons utilisé ce type de variable dans notre étude afin de corriger les valeurs des variables qui s'écartaient de la tendance.

Le tableau ci-dessous présente les différentes variables muettes que nous avons utilisées dans nos différents modèles.

TABLEAU 1 VARIABLES DICHOTOMIQUES

MODÈLES	Pétrole	Huile de chauffage	Gasoil	Cacao	Café
Base	3 ^{ième} trimestre 1990	3 ^{ième} trimestre 1990	3 ^{ième} trimestre 1990	2 ^{ème} trimestre 1973 1 ^{er} trimestre 1974 3 ^{ième} trimestre 1981	
Consommation	3 ^{ième} trimestre 1990	3 ^{ième} trimestre 1990	3 ^{ième} trimestre 1990		
Nyse	3 ^{ième} trimestre 1990	3 ^{ième} trimestre 1990	1 ^{er} trimestre 1986 3 ^{ième} trimestre 1990 1 ^{er} trimestre 2002 1 ^{er} trimestre 2005		
Pétrole	3 ^{ième} trimestre 1990	3 ^{ième} trimestre 1990			
Prix	3 ^{ième} trimestre 1990	3 ^{ième} trimestre 1990	3 ^{ième} trimestre 1990		
Sur-modèle	3 ^{ième} trimestre 1990	3 ^{ième} trimestre 1990	3 ^{ième} trimestre 1990		3 ^{ième} trimestre 1979 2 ^{ième} trimestre 1994

1973-1974 : Le premier choc pétrolier entraîne une hausse généralisée des prix des matières premières.

1979-1981 : Le second choc pétrolier a pour conséquence une augmentation des cours des matières premières.

1986 : La surproduction des pays du golfe et les politiques énergétiques mises en place par les pays consommateurs font chuter les prix à la pompe.

1990-1991 : La guerre du golfe entraîne une envolée du prix du baril de pétrole.

1994 : La surproduction entraîne une chute du cours du café (entrée du Vietnam sur le marché et excédent de production du Brésil).

2002 : Le cours du pétrole à la pompe augmente suite aux attentats du 11 septembre 2001 et aussi, à la menace d'invasion de l'Afghanistan par les États-Unis.

2005 : La forte demande⁴ a engendré une tendance à la hausse le prix des produits pétroliers.

4.1. 1.Modèles non contraints

Nous avons construit six modèles que sont les modèles de base, de l'indice NYSE, de la consommation per capita, du prix de pétrole, du prix du sous-jacent et le sur-modèle. Les variables associées à ces modèles sont :

Y_t = Rendement du produit dérivé du baril de pétrole ou du café, ou du cacao etc. dépendamment du modèle ;

β_0 = Constante ;

X_{1t} = Indice de production industrielle trimestriel ;

X_{3t} = Prime de risque ;

X_{4t} = Inflation ;

X_{5t} = Taux d'intérêt réel ex post ;

X_{6t} = Consommation per capita ;

X_{7t} = Indice NYSE ;

X_{8t} = Indice du prix de pétrole ;

X_{9t} = Production automobile trimestrielle/prix du sous-jacent ;

X_{10t} = Indice de taux de change ;

X_{11t} = Taux de croissance ; et

ε_t = Terme d'erreur.

⁴ L'invasion de l'Irak par les États-Unis en 2003 a entraîné une augmentation continue de la demande du pétrole et des produits qui en découlent.

a) Modèle de base

Dans le modèle de base, il sera question d'apprécier l'impact de quelques variables macroéconomiques sur les différents produits dérivés que nous étudions. En voici une présentation descriptive avec les variables qui y sont incluses :

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 X_{4t} + \beta_5 X_{11t} + \varepsilon_t.$$

Notre analyse se fera en 2 parties, la première partie décrira l'impact de ces variables sur les produits dérivés de l'industrie pétrolière. Dans la seconde partie, on analysera les résultats des produits tropicaux. Notre modèle a un R^2 (coefficient de détermination) ajusté de 0.44 dans le cas du produit dérivé associé au baril de pétrole. Les coefficients des variables économiques sont tous proches de zéro, à l'exception de celui associé à l'inflation (-22). Le rendement du produit dérivé associé au prix du pétrole est donc très peu sensible aux variations des régresseurs. En effet, le coefficient de sensibilité associé à X_1 (indice de production industrielle) est 0.02; on en déduit donc que, lorsque l'indice de production augmente d'une unité, alors le rendement du produit dérivé croît de 0.02. Le coefficient de détermination ajusté vaut à peine 0.12 dans le cas du gasoil. Ce qui signifie, que notre modèle n'explique que 12% des variations du rendement en question. Par ailleurs, les coefficients de sensibilité associés aux différentes variables sont très faibles. Il faut cependant relever que le coefficient de sensibilité lié à l'inflation est supérieur en valeur absolue à l'unité (1.94).

Nous avons des résultats semblables que précédemment dans le cas du produit dérivé associé à l'huile de chauffage. Le modèle de base n'arrive à expliquer que 27% des variations du rendement de cet actif financier et les coefficients de sensibilité sont quasi-nuls à l'exception de celui associé à l'inflation.

Il ressort de façon générale que les rendements des produits dérivés liés au pétrole sont peu influencés par les variables macroéconomiques du modèle de base à

l'exception de l'inflation. Cela peut s'expliquer par le fait que les matières premières sont en général au début du processus de production. Elles déterminent donc les coûts de production. Une modification du niveau général des prix est souvent déterminée par les changements dans le prix du pétrole, vu que c'est la principale source d'énergie.

La seconde partie de notre analyse décrit les résultats associés aux matières premières tropicales (café et cacao).

RESIDUS

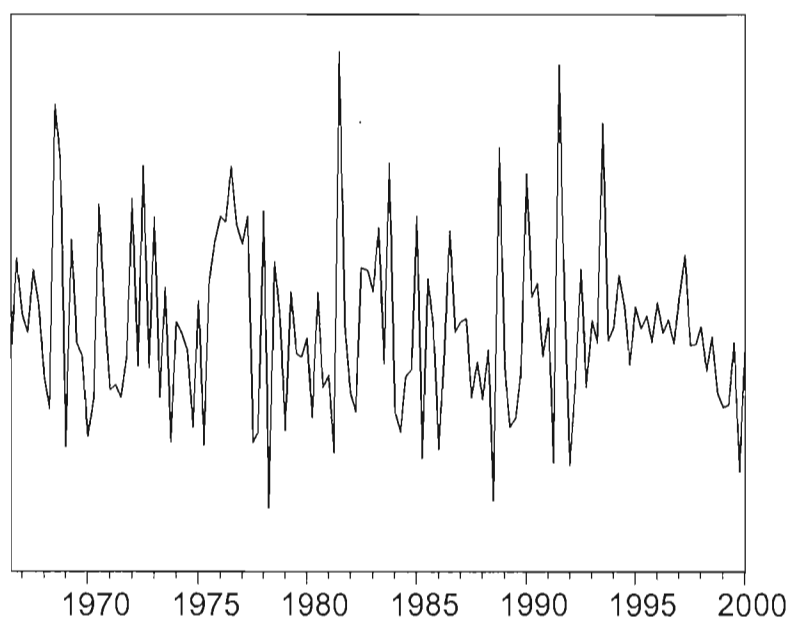


Figure 1 **GRAPHE DES RÉSIDUS DE LA RÉGRESSION DU RENDEMENT DU PRODUIT DÉRIVÉ DU CACAO**

L'analyse du graphe des résidus de la régression du rendement du produit (financier) dont le sous-jacent est le cacao nous montre, que nous avons des valeurs au-dessus de la moyenne (0.0000003) en 1973 (0.08 pour le 3^e trimestre) et en 1974

(0.6 pour le 1^e trimestre). En effet, durant cette période, les prix des matières premières ont connu une envolée jamais égalée. Cela s'explique généralement par le premier choc pétrolier qui a eu un effet d'entraînement sur les marchés des autres matières premières. On constate le même phénomène lors du second choc pétrolier (1981).

Le R^2 ajusté est de 0.28, par ailleurs, à part le coefficient associé à l'inflation tous les autres sont inférieurs à l'unité. Le rendement du produit dérivé associé au cacao amplifie environ -1.43 fois les fluctuations de l'indice général des prix.

Lorsqu'on utilise le modèle pour cerner les variations du produit dérivé du café, on obtient un R^2 ajusté d'environ 0.04. Le coefficient de sensibilité associé à l'inflation est supérieur à l'unité (-2.07). Les investisseurs devraient faire plus attention à cette variable pour leurs investissements dans le produit dérivé associé au café. Quand ils anticipent une baisse de l'inflation, il leur serait favorable d'y investir.

D'une façon générale, le modèle de base explique à peine 20% des variations des produits dérivés de notre étude. Les coefficients de sensibilité sont aussi dans la plupart des cas inférieurs à l'unité excepté celui de l'inflation. Ils ne sont généralement pas significatifs.

b) Modèle avec indice boursier

Le modèle avec indice boursier a été créé pour mettre en évidence l'impact du portefeuille du marché. Pour cela, nous avons ajouté au modèle de base, l'indice du marché. Il se présente comme suit :

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 X_{4t} + \beta_7 X_{7t} + \beta_{11} X_{11t} + \varepsilon_t$$

L'application du modèle NYSE au produit dérivé associé au baril de pétrole nous donne des résultats semblables à ceux du modèle de base. Comparé à ce dernier, le R^2 ajusté (0.45) du modèle de l'indice NYSE ne change significativement pas. Il en est de même pour les produits dérivés associés au gasoil (0.15) et à l'huile de chauffage (0.29).

Selon le MEDAF, le portefeuille du marché généralement assimilé à un indice boursier capte l'essentiel des variations d'un actif financier. Les résultats que nous avons trouvés dans le cas des produits dérivés financiers pétroliers prouvent le contraire. Ce qui confirme la justesse du MEA par rapport au MEDAF sur le fait que les sources de variations des actifs financiers sont multiples. Le coefficient de sensibilité associé à l'indice NYSE est inférieur à l'unité dans chacun des 3 cas. Par ailleurs, il n'est pas significatif.

Les variations associées au produit dérivé du cacao sont moins captées avec l'indice NYSE comparativement au modèle de base. Le R^2 ajusté (0.06) a baissé. Cette baisse peut s'expliquer par le retrait des variables muettes. Néanmoins, le coefficient de sensibilité associé à l'inflation (-2.1) est supérieur à l'unité. Pour ce qu'il en est du café, on remarque que tous les coefficients associés aux différentes variables sont inférieurs à l'unité sauf celui de l'inflation. Le R^2 ajusté (0.04) diminue aussi dans ce cas. L'indice NYSE n'apporte aucune explication pertinente quant aux variations du rendement du produit dérivé du café. Ce résultat vient confirmer l'hypothèse fondamentale du MEA. Selon cette hypothèse, le facteur du marché n'est pas suffisant pour capter l'essentiel des variations d'un actif financier. En d'autres termes, le portefeuille du marché n'est pas à même d'expliquer à lui seul la volatilité d'un actif financier en général et des produits dérivés en particulier.

Nous arrivons donc à la même conclusion que dans le cas des produits financiers pétroliers. C'est-à-dire que l'indice NYSE ou du marché n'est pas le seul déterminant de la volatilité des produits financiers. De plus, le coefficient de sensibilité qui lui est associé n'est pas significatif.

c) Modèle avec consommation

Comme précédemment, nous avons voulu apprécier l'effet de la consommation per capita sur les produits dérivés que nous étudions. Pour cela, nous avons ajouté la consommation per capita au modèle de base. Le modèle avec consommation per capita se présente comme suit :

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 X_{4t} + \beta_6 X_{6t} + \beta_{11} X_{11t} + \varepsilon_t$$

L'introduction de la consommation per capita dans le modèle de base n'a aucun impact sur le R^2 ajusté dans le cas des produits dérivés financiers liés au pétrole. Le coefficient de sensibilité associé à cette variable est supérieur à l'unité dans les 3 cas. On remarque aussi que les rendements des produits financiers liés au gasoil et à l'huile de chauffage sont très sensibles à la consommation per capita même si son coefficient de sensibilité n'est pas significatif. Une variation d'une unité de celle-ci entraîne une variation de plus de 11 unités dans chacun des deux cas.

Nous prendrons en compte l'indice de taux de change dans le cas des produits financiers liés aux produits tropicaux.

Nous arrivons à la même conclusion que précédemment pour ce qui est du rendement du produit dérivé du cacao. Le coefficient de sensibilité associé au taux de change est 3.6 et il est significatif dans le cas du cacao. Le cacao est une commodité qui constitue un produit d'importation pour les pays consommateurs (États-Unis).

Cela pourrait expliquer la valeur du coefficient de sensibilité associé à l'indice de taux de change.

L'actif financier lié au café amplifie aussi les variations de l'indice de taux de change (0.75) mais dans des proportions moindres. Celui-ci est par contre très sensible aux variations de la consommation per capita (2.87).

L'ajout de la consommation per capita au modèle de base diminue le pouvoir explicatif de ce dernier. Cette variable ne semble donc pas pertinente pour capter les variations des rendements des produits dérivés en présence.

d) Modèle avec prix du pétrole

Le but du modèle avec le prix de pétrole est d'évaluer le pouvoir explicatif du prix du pétrole. Ce modèle se présente de façon descriptive de la façon suivante :

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 X_{4t} + \beta_8 X_{8t} + \beta_{11} X_{11t} + \varepsilon_t.$$

L'ajout du prix du pétrole au modèle de base entraîne une augmentation relativement grande du R^2 ajusté dans le cas des produits dérivés du baril de pétrole (0.53) et du gasoil (0.20) comparativement aux modèles précédents. Cela s'explique par le fait que les marchés dérivés ont la spécificité d'amplifier les variations des produits sous-jacents qui leur sont rattachés.

Les coefficients de sensibilité associés aux différentes variables ont le même sens et sont sensiblement les mêmes dans les 3 cas comparativement au modèle de base. On constate néanmoins que le coefficient de sensibilité associé à l'inflation a considérablement diminué pour ce qui est du produit dérivé associé au baril de pétrole. Le coefficient de sensibilité associé au prix du pétrole est positif et inférieur à l'unité dans les 3 cas.

Il en est de même du produit dérivé du cacao. En plus du coefficient de sensibilité associé à l'inflation (-1.9), on a celui du taux de change qui est aussi supérieur à l'unité en valeur absolue. Comme on peut le constater, le marché du pétrole semble avoir un impact sur les autres marchés des matières premières, puisque sa prise en compte dans notre modèle a amélioré le R^2 ajusté (0.1) dans le cas du cacao par rapport à celui du modèle de la consommation per capita. Cela n'est néanmoins pas vérifié dans le cas du produit dérivé du café. Le R^2 ajusté (0.03) diminue avec l'ajout du prix du pétrole.

Les résultats que nous avons obtenus nous prouvent dans l'ensemble que le pétrole constitue une variable pertinente dans l'explication des variations du rendement des actifs financiers.

e) Modèle avec production automobile ou prix du sous-jacent

Le modèle avec production automobile a été construit pour mettre en évidence l'impact de la production automobile sur la volatilité du produit dérivé associé au baril de pétrole. Celui avec prix du sous-jacent, a été construit pour mesurer l'impact du prix des sous-jacents sur la volatilité des produits dérivés respectifs auxquels ils sont associés. Il se présente de la façon suivante :

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 X_{4t} + \beta_8 X_{8t} + \beta_9 X_{9t} + \beta_{11} X_{11t} + \varepsilon_t$$

Nous savons que les automobiles ont pour principale source d'énergie les hydrocarbures provenant du pétrole. L'ajout de la production automobile au modèle avec prix du pétrole entraîne une hausse du R^2 ajusté dans le cas du produit dérivé ayant pour sous-jacent le baril de pétrole (0.55). Le pétrole constitue la principale source d'énergie de la planète, par ailleurs, l'automobile est le principal moyen de transport. Il semble donc évident que ces variables soient liées. En introduisant des

retards d'ordre deux, nous avons pu vérifier ceci grâce au test de Granger (annexe A.11). La causalité étant dans le sens de la production automobile vers le prix du pétrole.

Le sous-jacent associé au rendement du produit du gasoil est le prix du gasoil. Son introduction dans le modèle avec le prix de pétrole entraîne une augmentation du R^2 ajusté (0.28) dans le cas du produit dérivé du gasoil. En effet, le marché des produits dérivés a pour habitude d'amplifier les fluctuations du marché des sous-jacents auxquels ils sont associés.

L'ajout du prix de l'huile de chauffage au modèle avec pétrole entraîne une nette augmentation du R^2 ajusté qui passe de 0.28 à 0.85. Le prix de l'huile de chauffage est donc un bon régresseur dans ce cas d'espèce.

Le prix sur le marché physique du cacao accroît le pouvoir explicatif de notre modèle. Le coefficient associé au taux de change est supérieur à l'unité. La prise en compte du prix du café dans l'explication des variations du rendement du produit dérivé auquel il est associé entraîne une amélioration du R^2 ajusté (0.74) comparativement au modèle de base. A part celui de l'inflation, les coefficients de sensibilité associés aux différentes variables sont inférieurs à l'unité. L'action des spéculateurs fait que les marchés dérivés amplifient les variations des commodités ainsi, il est tout à fait normal que le prix du café soit un facteur déterminant quant aux variations du rendement du produit dérivé qui dépend de lui

Nos résultats confirment qu'il existe un lien entre les marchés dérivés et les marchés physiques des matières premières. Effectivement, on constate généralement que les variations des marchés physiques sont amplifiées sur les marchés dérivés.

f) Sur-modèle

Le sur-modèle a été construit, afin d'apprécier l'impact de toutes les variables explicatives de notre étude. Il se présente comme suit :

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 X_{4t} + \beta_5 X_{5t} + \beta_6 X_{6t} + \beta_7 X_{7t} + \beta_8 X_{8t} + \beta_9 X_{9t} + \beta_{10} X_{10t} + \beta_{11} X_{11t} + \varepsilon_t.$$

Le R^2 ajusté ne change significativement pas dans le cas des produits dérivés associés au pétrole. De façon générale, les coefficients de sensibilité gardent le même sens et la même proportion.

Dans le cas du cacao, le sur-modèle explique le mieux les variations du rendement de l'actif financier (48%) dont il est le sous-jacent. Les coefficients de sensibilité associés au taux de change et à la consommation per capita sont supérieurs en valeur absolue à l'unité.

Les coefficients de sensibilité sont généralement inférieurs à l'unité lorsqu'il s'agit du produit dérivé du café. Mais, celui de l'inflation est 1.6. Le R^2 ajusté est le plus grand comparé aux autres modèles.

L'application de ces différents modèles aux rendements des produits dérivés étudiés nous a montré que celui avec le prix du sous-jacent est le plus pertinent pour expliquer les variations du rendement du produit dérivé de l'huile de chauffage et du gasoil. Pour capter la volatilité du produit dérivé lié au baril de pétrole, il serait judicieux d'utiliser le modèle avec la production automobile. Le sur-modèle capte le mieux la volatilité des produits dérivés financiers tropicaux.

Les travaux traitant des facteurs économiques qui expliquent la volatilité des actifs financiers ont comme référence CRR (1986). Comparativement à ceux obtenus dans CRR (1986), nos résultats sont convergents en ce qui concerne la multiplicité

des sources de variations des actifs financiers. En effet, nos résultats prouvent que le pétrole, l'indice de production industrielle, l'inflation, et la consommation per capita influencent la volatilité des produits dérivés étudiés. L'originalité de notre étude par rapport à CRR (1986) est que la production automobile influence le rendement du produit dérivé associé au baril de pétrole et que les prix des sous-jacents permettent d'expliquer les variations des produits dérivés respectifs auxquels ils sont associés. Par ailleurs, le taux de change est déterminant pour ce qui est de l'explication des variations des produits dérivés tropicaux du café et du cacao. Ce dernier point rejoint les travaux de James, Chinghyung et Lemma (1989), Ataullah (2001) et Azeez et Yashuiro (2004).

4.1.2. Modèles contraints

Il s'agira de calculer les coefficients de sensibilité à l'aide de la contrainte que l'on fera sur la constante. En effet, elle correspond à l'actif sans risque qui généralement est assimilé à une obligation américaine. Dans notre modèle nous avons le choix entre X_{2t} (structure à terme) et X_{3t} (prime de risque) qui sont composées de ce type d'actif, par ailleurs, leur coefficient de sensibilité sont quasi-nuls. Notre choix se portera donc sur X_{2t} qui est la différence entre le taux d'intérêt d'une obligation gouvernementale de long terme et celui d'un « bill » américain.

Les résultats obtenus dans le cas des différents modèles contraints sont généralement les mêmes que ceux obtenus dans le cas des modèles non contraints. Il est donc inutile d'en faire une analyse.

Le modèle contraint se différencie du modèle non contraint de par la présence de contraintes. Dans notre étude nous en avons juste une. Elle se présentera de la façon suivante :

$$\alpha = i\lambda_o + \beta(\lambda_k - \mu_{jk}),$$

a = constante,

i = vecteur unité,

λ_0 = actif sans risque ou paramètre zéro-bêta qui est le rendement moyen de la structure à terme (dont le coefficient de sensibilité est nul) et

λ_k = prime de risque associée au facteur k ,

$$\lambda_k = \mu_{f_k} - \lambda_0,$$

μ_{f_k} = valeur moyenne du facteur k .

La contrainte peut donc être réécrite de la façon suivante :

$$a = \lambda_0(i - \beta).$$

a) Calcul des primes de risque associées à chaque facteur

TABEAU 2 CALCUL DES PRIMES DE RISQUE ASSOCIÉES À CHAQUE FACTEUR

Variables	Moyenne	Beta zero	Prime de risque
X1	-0,000008	1,912700	-1,912708
X3	-0,010659	1,912700	-1,923359
X4	-0,003327	1,912700	-1,916027
X5	-0,043706	1,912700	-1,956406
X6	-0,005490	1,912700	-1,918190
X7	0,010040	1,912700	-1,902660
X8	0,002808	1,912700	-1,909892
X9	0,005230	1,912700	-1,907470
X10	0,003589	1,912700	-1,909111
X11	-0,078022	1,912700	-1,990722

Les primes de risque sont négatives, ce qui signifie que les rendements associés aux différents facteurs sont inférieurs à celui de l'actif sans risque. Si nos facteurs étaient des portefeuilles ou des actifs financiers, cela signifierait qu'ils sont moins rentables que l'actif sans risque (généralement assimilé à une obligation américaine).

b) Tests des primes de risque

Voir équation 3.3.3

$H_0 : \lambda_k = 0$ Si la statistique calculée est inférieure (en valeur absolue) à la statistique de la table, on accepte l'hypothèse nulle. Dans le cas contraire on la rejette.

TABEAU 3 RÉCAPITULATIF DU TEST DE LA PRIME DE RISQUE ASSOCIÉE À CHAQUE FACTEUR

VARIABLES	Prime de risque	variance	Écart type	Valeur de J
X1	-1,91	0,39	0,63	-3,05
X3	-1,38	0,70	0,83	-1,66
X4	-1,86	0,00	0,00	-1 128,19
X6	-1,75	0,00	0,00	-877,42
X7	-1,78	0,00	0,03	-68,07
X8	-1,91	0,01	0,11	-16,85
X9	-1,91	0,00	0,02	-92,56
X10	-1,91	0,00	0,01	-183,95
X11	0,04	2,63	1,62	0,03

NB : La statistique de l'équation (27) suit une loi de student. Donc, la valeur lue dans la table statistique est de 1.96 avec 5% d'erreur.

Interprétation

On constate que les primes de risque sont significatives pour les variables X_1 , X_4 , X_5 , X_6 , X_7 , X_8 , X_9 , X_{10} . Par contre, celles associées à X_3 et X_{11} ne le sont pas. Le rejet de l'hypothèse nulle signifie que le facteur en question a un pouvoir explicatif non négligeable sur le modèle. Les variables X_3 et X_{11} ne sont pas significatives pour l'explication des variations des rendements de nos différents produits dérivés. Bien que la prime de risque associée à X_{11} soit nulle, cela n'explique pas le fait que cette

variable ne soit pas pertinente. En effet, la nullité n'est pas synonyme d'inutilité pour notre modèle. La valeur de la prime dépend généralement de la période à laquelle elle est calculée et de l'état du marché. Il peut donc arriver qu'un facteur ait une prime de risque nulle et qu'il ait un pouvoir explicatif quant aux variations de notre modèle. De plus, X_3 a une prime de risque différente de 0, mais on peut s'en passer pour notre étude.

Les variables que nous avons choisies se sont majoritairement avérées être significatives bien qu'elles aient toutes des primes de risque négatives. En définitive, nous constatons que le pouvoir explicatif d'un facteur n'est pas lié à sa rémunération. Les résultats obtenus sont similaires à ceux obtenus dans CRR (1986) pour ce qui est de l'indice de la production industrielle, de la prime de risque et de l'inflation. Par ailleurs contrairement à CRR (1986), nous trouvons un résultat en adéquation avec la théorie du «*consumption*» CAPM en ce sens que la consommation per capita est déterminante dans l'évaluation du rendement des actifs financiers. Nous sommes par contre en désaccord avec CRR pour ce qui est de l'indice de prix et du prix du pétrole. Nos résultats montrent qu'ils sont significatifs.

c) Test des différents modèles

Tester les modèles de maximum de vraisemblance revient à calculer la statistique J et la comparer avec la valeur de la table du χ^2 :

$$J = -(T - N/2 - K - 1) * [\log|\hat{\Sigma}| - \log|\hat{\Sigma}^*|]$$

T = nombre d'observations,

K = nombre de portefeuilles (1),

N = nombre de facteurs (fonction du modèle),

Σ et $\hat{\Sigma}^*$ sont respectivement les matrices de variance-covariance des modèles contraint et non contraint.

TABLEAU 4 TEST DES DIFFÉRENTS MODÈLES PAR RAPPORT AUX VARIABLES DÉPENDANTES

MODÈLES	Pétrole	Gasoil	Huile de chauffage	Cacao	Café
Base	0,135978	8,05E-05	8,7E-05	0,1788395	0,08762
NYSE	0	0	0,01548	0,004788	0,011718
Consommation	0,047644	0,0248	0,02666	0,028728	0,001008
Pétrole	0,04128	0,116	0,1247	0,006048	0,019152
Automobile/Prix	0,058824	0,0080295	0,010234	0,001506	0,002259
Sur-modèle	0,005845	0,025428	0,141266	0,003596	1,3270075

Nous avons une restriction dans notre étude, le degré de liberté est donc égal à 1. Par ailleurs, le seuil de significativité est 5%. La statistique J de la table de Khi deux est donc 3.84.

Toutes les valeurs calculées sont inférieures à celle de la table. Ce qui signifierait qu'il existe une relation linéaire entre les rendements des produits dérivés et les variables associées aux différents modèles. En d'autres termes, le MEA tient dans le cas de notre étude. Néanmoins, ce test n'est pas suffisant pour nous renseigner sur la pertinence du nombre et de la nature des variables explicatives. Ceci est une des faiblesses de la théorie d'évaluation par arbitrage. Ross est resté vague quant au nombre et à la nature des facteurs déterminants la volatilité des actifs financiers.

Il n'existe pas de test spécifique permettant de déterminer la significativité du nombre de facteurs dans la théorie du MEA. Certains chercheurs comme Connor et Korajczik (1986, 1988) ont essayé de palier à cette insuffisance. Connor et Korajczik (1993), pratiquent leur test sur le *NYSE* et l'*AMEX*. Ils arrivent à la conclusion que seulement les 2 premiers facteurs (composantes principales) sont significatifs dans un modèle à 6 facteurs. Le fait que nous n'ayons pas de test puissant pour ladite théorie ne signifie pas qu'il faille la rejeter. De plus, jusqu'à présent il n'en existe pas d'alternative crédible.

4.2. INTERPRÉTATION : SECTEUR PÉTROLIER

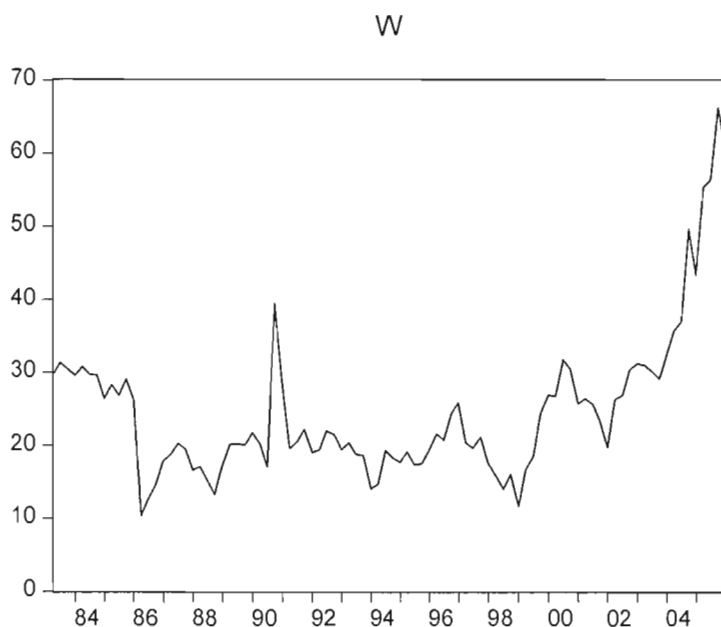


Figure 2 Représentation graphique du prix du baril de pétrole (WTI)⁵ de 1983 à 2006

Le graphique nous montre l'évolution du cours du pétrole durant la période de notre étude. Nous pouvons constater qu'après le second choc pétrolier, il a connu une période de décroissance pour ensuite atteindre un pic en 1991 (guerre du golfe), et qu'il n'a cessé de croître depuis le 11 septembre 2001.

Selon la théorie économique des cycles réels, un choc négatif (hausse du prix du pétrole), a pour conséquence de ralentir la croissance économique ce qui entraîne une diminution de la demande de monnaie, le taux d'intérêt s'en trouve donc modifié (à la baisse). Par la suite, on assiste à une baisse de la demande de devises nationales. Le taux de change va donc augmenter : la monnaie se déprécie. L'inflation et le

⁵ WTI : « West Texas intermediate » représente le brut du pétrole américain par excellence.

ralentissement économique créent à terme une récession. C'est ce qui s'est produit lors du choc pétrolier de 1974.

Dans le cas de notre étude nous constatons que nous avons une relation de causalité entre les variables suivantes (appendice A.11):

- Selon le test de Granger, l'inflation est déterminée par les variations du rendement du produit dérivé associé au gasoil et vis versa. En effet, lorsque la vie devient chère, la consommation diminue. Et par voie de conséquence la production va diminuer, entraînant une baisse de la demande en pétrole (gasoil). Le prix du pétrole (gasoil) détermine lui aussi le niveau général des prix car il constitue la principale source d'énergie de l'industrie mondiale. On constate qu'il existe une relation de causalité entre l'inflation et le prix du pétrole. Lorsque celui-ci augmente jusqu'à un certain niveau pendant une durée assez longue, les coûts de production en font de même. Par conséquent la vie devient plus coûteuse.
- Comme la théorie, les résultats montrent que le prix du pétrole (gasoil) détermine la croissance économique. Ceci explique peut être le fait que la prime de risque associée à la croissance économique ne soit pas significative.
- Le prix du pétrole et la production automobile sont interdépendants. En effet, il existe une relation de causalité réciproque entre le prix du pétrole et l'indice de production automobile. Et cette corrélation est négative (même signe que le coefficient de sensibilité associé) dans le sens où lorsque l'essence coûte cher les consommateurs achètent moins de véhicules.

En appliquant le MEA aux produits dérivés pétroliers, nous avons voulu cerner leur volatilité et aussi déterminer les facteurs qui a priori semblent expliquer les fluctuations de leur rendement. Nous avons donc étudié 3 produits dérivés financiers liés au pétrole. Il s'agit du baril de pétrole, de l'huile de chauffage et du gasoil. Bien que les différents modèles que nous avons utilisé ne soient pas assez performants, ils permettent quand même de prouver que certaines forces économiques influent sur le

rendement des produits (financiers) dérivés pétroliers, et qu'il existe aussi une interaction entre la croissance économique, le taux d'intérêt directeur et l'inflation.

La faible performance des différents modèles vient du fait que la théorie d'évaluation des actifs financiers n'a jusqu'à présent pas définie une méthode ou une démarche claire et pertinente quant à l'étude de la volatilité des actifs financiers. Toujours est-il que ces modèles permettent de mettre en exergue l'existence de plusieurs sources de variations des actifs financiers de façon générale et des produits dérivés en particulier.

4. 3. INTERPRÉTATION : CAFÉ –CACAO

Les produits financiers dérivés des matières premières tropicales sont d'une importance moindre que ceux du pétrole. Ces commodités ne sont en général pas primordiales au bon fonctionnement des économies occidentales ou ne jouent pas un rôle déterminant dans le bien-être des populations. Et elles ont généralement des produits de substitution (thé, produits synthétiques).

Selon Philippe Chalmin (1984), nous pouvons distinguer 4 raisons des variations du cours des matières premières :

- les variations à très court terme dues à l'action des spéculateurs sur les marchés qui cherchent à optimiser leurs gains en multipliant les opportunités d'arbitrage sans tenir compte des réalités du marché physique (analyse chartiste).
- Les variations intra-annuelles (durée inférieure à une année) causées par des problèmes d'adaptation de l'offre à la demande (gelées, sécheresses, troubles sociaux et politiques etc.). Ce phénomène est limité dans le temps.
- Les fluctuations interannuelles (4 à 8 ans) liées au cycle de vie des cultures. En d'autres termes, il s'agit de la durée nécessaire pour que les nouvelles plantations arrivent à maturité.
- La tendance à long terme (20 à 25 ans) qui est difficile à cerner. Elle est généralement liée aux grands équilibres économiques. Cette analyse est basée sur le cycle de Kondratieff. Quatre périodes seraient décelées (1920-1950, 1950-1970, 1970- ?) et elles seraient chacune caractérisées par une brève hausse suivie d'une longue période de stagnation généralement marquée par une détérioration des termes de l'échange. Il y'aurait ensuite une remontée des prix à un niveau plus élevé que le pic précédent.

Selon Saadi (2005), les déterminants de la conjoncture des marchés des matières premières sont exogènes et aussi endogènes. Ces forces exogènes sont les mêmes que celles mentionnées dans le cas des produits liés au pétrole à savoir la croissance économique des pays consommateurs (États-Unis, Canada, France, Grande-Bretagne etc.), le taux de change et l'inflation. Les hausses conjointes sur les différents marchés des matières premières lors des deux chocs pétroliers et du krach boursier de 1987 ont montré que les cours de certaines matières premières avaient la même évolution. Saadi confirma ceci en pratiquant des tests de causalité entre le prix du café et du cacao qui se sont avérés positifs. Nous avons aussi pu confirmer ces résultats (voir appendice A.11 tableau des tests de Granger). Selon lui, cela s'explique par le fait que le café et le cacao sont des cultures dont le cycle de production est le même et aussi que leurs marchés ont des caractéristiques communes. A cela, s'ajoute le suivisme des spéculateurs quant aux anticipations. Ce phénomène fait évoluer les cours de façon simultanée sur les différents marchés des matières premières. En effet, la hausse vertigineuse du cours des matières premières (pétrole en particulier) en 2008 est due essentiellement par le fait que tout le monde suivait la tendance à la hausse.

CONCLUSION

Nous avons voulu vérifier à travers notre étude les hypothèses émises par Chen, Roll et Ross (1986), à savoir que les rendements des actifs financiers sont déterminés par «des forces économiques». Nous avons donc appliqué le modèle d'évaluation par arbitrage aux produits dérivés ayant comme sous-jacents le baril de pétrole, le gasoil, l'huile de chauffage, le café et le cacao.

Les résultats que nous avons obtenus montrent dans le cas de l'approche économique que lorsque le prix du baril de pétrole augmente, le secteur pétrolier se porte mieux. Mais, cela entraîne un ralentissement de la croissance économique et une dépréciation du dollar américain. Face à cela, la banque centrale n'a d'autre choix que d'augmenter son taux directeur pour combattre l'inflation due à cette hausse. Nous avons construit différents modèles afin d'apprécier l'impact spécifique de certaines variables. Ainsi nos résultats ont montré que l'indice NYSE qui peut être assimilé à l'indice du marché n'est pas à même de capter à lui seul l'essentiel des variations des rendements des actifs financiers. Et aussi que le pétrole influence le rendement des actifs financiers étudiés à l'exception du produit financier dérivé associé au cacao. Les rendements des produits dérivés financiers de l'huile de chauffage et du gasoil varient plus de onze fois quand la consommation per capita varie d'une unité. La production automobile détermine les fluctuations du rendement du produit dérivé financier du pétrole. A partir du test de Granger, nous avons pu vérifier la causalité existant entre ses deux variables. Au cours de notre étude nous avons voulu valider la linéarité entre les variables explicatives et les rendements des produits dérivés. Grâce au test de maximum de vraisemblance nous avons pu entériner la théorie du MEA. En effet, il y'a une relation de linéarité entre les facteurs et les rendements des produits dérivés. Le test de student que nous avons pratiqué sur les primes de risque associées aux différentes variables nous a permis de valider la

nécessité de chacune des variables utilisées. Cela a permis de justifier la pertinence du choix de nos variables par le fait que sur 10 seulement 2 d'entre elles ne sont pas significatives. Il s'agit de la prime de risque et du taux de croissance économique.

En définitive, nous retiendrons qu'il est préférable d'utiliser l'approche économique de la théorie de du MEA lorsque les facteurs ne sont pas des portefeuilles. Car cela nous permet d'avoir une explication des résultats basée sur la théorie économique.

Il ressort aussi de notre étude que les sources de variations des produits dérivés sont multiples et de natures diverses. Constat qui rejoint l'idée fondamentale du MEA même si nous n'avons pas pu justifier la justesse du nombre de variables.

Pour palier à cette absence de test robuste plusieurs chercheurs (Connor et Korajczik (1993)) ont construit des tests. De nouvelles techniques statistiques telles que l'analyse en composantes indépendantes (Vessereau (2000)) ont été introduites dans la théorie d'évaluation par arbitrage. Ces tests et méthode pourraient faire l'objet d'une application dans une prochaine étude.

BIBLIOGRAPHIE

LIVRES

Alexandra, Carol. 2001. *Market Models: A Guide to Financial Data Analysis*. Toronto: John Wiley and Sons, 494 p.

Bazen, Stephen, et Mareva Sabatier. 2007. *Économétrie : des fondements à la modélisation*. Avant-propos de Robert F. Engle. Paris: Vuibert, 234 p.

Bourbonnais, Régis, et Michel Terraza. 1998. *Analyse des séries temporelles en économie*. Paris: Presses Universitaires de France, 274 p.

Bresson, Georges, et Alain Pirotte. 1995. *Économétrie des séries temporelles : théories et applications*. Paris: Presses Universitaires de France, 658 p.

Brillet, Jean-Louis. 1994. *Modélisation économétrique: principes et techniques*. Paris: Économica, 194 p.

Campbell, Y., John, Andrew W. Lo et A Craig McKinley. 1997. *The econometrics of financial*. Princeton: Princeton University Press, 252 p.

Chalmin, Philippe. 1984. *Les marchés mondiaux des matières premières*. Paris: Presses universitaires de France, 127 p.

Florens, Jean-Pierre, Vélâyoudom Marimoutou, et Anne Péguin-Feissolle. 2004. *Économétrie : modélisation et inférence*. Préf. de James J. Heckman. Paris: Armand Colin, 506 p.

Giraud, Pierre, Noël. 1989. *L'économie des matières premières*. Coll. «Repères». Paris: La Découverte, 125 p.

Goffin, Robert. 1998. *Principes de finance moderne*. Paris: Économica, 599 p.

Gourieroux, Christian, et Alain Monfort. 1996. *Séries temporelles et modèles dynamiques*, 2^e éd. Paris : Économica, 664 p.

Granger, Clive, W., J.. 1969. *Analyse spectrale des séries temporelles en économie*. Trad. de l'anglais par J.D.levi. Paris: Dunod, 305 p.

Granger, Clive, W., J.. 2005. *Modélisation empirique en économie spécification et évaluation*. Préf. de Roger Guesnerie. Paris : Économica, 76 p.

Gujarati, Damodar, N.. 2004. *Économétrie*. Trad. de la 4e éd. américaine par Bernard Bernier. Bruxelles: De Boeck, 1009 p.

Mignon, Valérie. 1998. *Marchés financiers et modélisation des rentabilités boursières* », Économica, 292 p.

Montoussé, Marc, Serge d'Agostino, Patrice Bonnewitz, Jérôme Buridant Pierre-André Corpron, Arcangelo Fugliuzzi, et Luc Mezza. 2007. *Analyse économique des sociétés contemporaines*. Paris : Bréal, 637 p.

Mouton, Claude, et Evelyne Collin. 1993. *Matières premières et échanges internationaux : Actes des séminaires tenus en 1991/1992 au Conservatoire National des Arts et Métiers dans le cadre de sa formation au D.P.A.* / Sous la dir. de Claude Mouton, Evelyne Collin. Vol. 8. Paris : Économica, 257 p.

Mouton, Claude, et Philippe Chalmin. 1982. *Les marchés internationaux des matières premières : textes du séminaire organisé en 1980-1981 dans le cadre du Centre de recherches sur les marchés de matières premières (CREMMAP) du Conservatoire national des arts et métiers (CNAM)* / sous le dir. de Claude Mouton, Philippe Chalmin. Paris : Économica, 307 p.

Rachev, Svetlozar, T.. (2007). *Financial econometrics: from basics to advanced modeling techniques*. Toronto: John Wiley and Sons, 553 p.

Saadi, Hadj. (2005). *L'économie des matières premières*. Coll. «l'esprit économique». Série le monde en questions. Paris : L'Harmattan; Dunkerque : Innoval, 362 p.

Wang, Peijie. 2002. *Financial econometrics: methods and models*. London: Routledge, 178 p.

ARTICLES

Antoniou, Antonios, Ian Garrett, et Richard Priestley. (1998). «Macroeconomic variables as Common Pervasive Risk Factors and the Empirical Content of the arbitrage pricing theory». *Journal of Empirical Finance* vol.5, p.221-240.

Ataullah, Ali. (2001). «Macroeconomic Variables as Common Pervasive Risk Factors and Empirical Content of the Arbitrage Pricing Theory in Pakistan». *The lahore journal of economics*, série 6, tome 1, p.55-77.

Athambawa, Abdul, Azeez, et Yonezawa Yasuhiro. (2006). «Macroeconomic factors and the empirical content of the arbitrage pricing theory in the japanese stock market». *Japan and the world economy*, Vol.18 No.4, p.568-591.

Bachelier, L. (1900a). «Théorie de la spéculation». *Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure*, série 3, tome 17, p. 21-86.

Basher, Syed, A., et Perry Sadorsky. (2006). « Oil price risk and emerging stock markets». *Global finance journal*, vol. 17 No2, p. 224-251.

Baxter, J., T. Conine, et M. Tamarkin. (1985). «On commodity market risk premiums: additional evidence». *The Journal of Futures Markets*, vol. 5, p. 121-125.

Bernard, Jean-Thomas, Lynda Khalaf, Maral Kichian, et Sebastien McMahon. (2008). «Forecasting commodity prices GARCH, jumps, and mean reversion». *The Journal of forecasting* Vol.27, p. 279-291.

Black F., et M. Scholes. (1973). «The pricing of options and corporate liabilities». *The Journal of political Economy*, vol.81, p. 637-654.

Bopp, A., E., et Sitzer S. (1987). «Are petroleum futures prices good predictors of cash value? ». *The Journal of Futures Markets*, vol.7, p. 705-719.

Bodurtha, James N. Jr., D. Chinyung Cho, et Lemma, W., Senbet. (1989). «Economic Forces and the Stock Market: An International Perspective». *Global Finance Journal* Vol.1, p. 21-46.

Bodurtha, James N. Jr. (1994). «International Factors and U.S. Equity Excess Returns». *Working paper, University of Michigan*.

Bower, R., et Schink G. (1994). «Application of the Fama-French model to utility stocks». *Financial Markets, Institutions and Instruments*, vol.3, p. 74–96.

Brown, J., Stephen. (1988) «Joint estimation of factor sensitivities and risk premia for the arbitrage pricing theory: discussion». *The journal of finance*, vol. 43, No. 3, p. 721-733.

Brown, J., Stephen. (1989). «The number of factors in security returns». *The journal of finance*, vol., 44, No.5, p. 1247-1262.

Burmeister, Edwin, et Marjorie B. McElroy. (1987). «Joint Estimation of Factor Sensitivities and Risk Premia for the Arbitrage Pricing Theory». *The Journal of Finance*, Vol. 43, No. 3, Papers and Proceedings of the Forty-Seventh Annual Meeting of the American Finance Association, p. 721-733.

Calabre, Serge. (2003). «La dynamique des prix et des marchés de matières premières: analyses uni variées versus faits stylisés analytiques». *Mondes en développement*, vol.31, N°122, p.21-35.

Carmichael, Benoît, Alain Coën, et Jean-François L'Her. (2008). «Erreurs sur les variables et modèle d'évaluation des actifs canadiens financiers canadiens». *Presses universitaires de Grenoble* vol. 28, p. 7-29.

Chamberlain, Gary, et Michael Rothschild. (1983). «Arbitrage, factor structure, and mean-variance analysis on large asset markets». *Econometrica*, Econometric Society, vol. 51 No 5, p. 1281-304.

Chan, K., C., Nai-fu Chen. et D.A.. Hsieh. (1985). «An Exploratory Investigation of the Firm Size Effect». *Journal of Financial Economics*, Vol.14, p. 451-471

Chen, Su-Jane, Cheng-Ho Hsieh, et Bradford Jordan. (1997). «Real Estate and the Arbitrage Pricing Theory: Macrovariables vs. Derived Factors». *AREUEA Journal of Real Estate Economics* Vol.25, p. 505 - 523.

Chen, Su-Jane, et B. D. Jordan. (1993). «Some Empirical Tests of the APT: Macro-Variables versus Derived Factors». *Journal of Banking and Finance* p. 65-90.

Choudhury, A., R..(1991). «Futures market efficiency: Evidence from cointegration tests. » *The Journal of Futures Markets*, vol. 11, p. 577–589.

Copolla, Andrea. (2008). «Forecasting oil price movements: exploiting the information in the futures market». *The journal of futures markets*, vol.28, No.1, p.34-56.

Connor, G.. (1981). «A Factor Pricing Theory for Capital Assets. » *Unpublished working paper, Kellogg graduate school of management, North-western University*.

Connor, Gregory, et Robert A Korajczyk. (1989). « An intertemporel equilibrium beta pricing model. » *The reviews of financial studies*. vol. 2, p. 373-392.

Connor, Gregory , et Robert A Korajczyk. (1993). «A Test for the number of factors in an approximate factor model». *Journal of finance*, vol.48 No 4, p.1263–1291.

Connor, Gregory, et Robert A. Korajczyk. (1986). « Performance measurement with the arbitrage pricing theory: a new Framework for analysis». *Journal of financial economics*, Vol. 15 No 3, p. 373–394.

Cortazar, Gonzalo, et Lorenzo Naranjo. (2006). «A N factor gaussian model of oil futures prices». *The journal of futures markets*, Vol. 26, No. 3, p. 243–268

Cox, John, C., Stephen A. Ross, et Mark Rubinstein. (1979). «Option Pricing: A Simplified Approach». *The Journal of Financial Economics* vol. 7 p. 229-263.

Crowder, W., J., et Hamed A. (1993). «A cointegration test for oil futures market Efficiency». *The Journal of Futures Markets*, vol.13, p 933–941.

Dhrymes, Phoebus, J., Irwin Friend, et N. Bulent Gultekin. (1984). «A Critical Reexamination of the Empirical Evidence on the Arbitrage Pricing Theory». *The journal of finance*, Vol. 39, No.2, p. 323-346.

Dusak, K. (1973). « Futures trading and investor returns: An investigation of commodity market risk premiums», *Journal of Political Economy*, vol. 81, p. 1387-

1406.

Dybvig, Philip, H. (1983). «An Explicit Bound on Individual Assets' Deviations from APT Pricing in a Finite Economy». *Journal of Financial Economics*, vol.12, p. 483-496.

Cho, D. Chinyung, et Simon J. Pak. (1991). «Multifactor Pricing Model with Macroeconomic Variables». *Advances in Investment Analysis and Portfolio Management*, vol. 1.

Elton, Edwin, J., Martin J. Gruber et J. Mei. (1994). «Cost of capital using arbitrage pricing theory: A case study of nine New York utilities. » *Financial markets, institutions and instruments*, vol.3, p. 46–73.

Elton, Edwin, J., Martin J. Gruber, et Christopher Blake. (1995). «Fundamental economic variables, expected returns, and bond fund performance». *Journal of finance*, vol.50, p.1229-1256.

Fama E., K.R. French. (1987). «Commodity Futures Prices: Some Evidence on Forecast Power, Premiums, and the Theory of Storage. ». *The journal of business*, vol. 60, p.55-73.

Fama E., K.R. French. (1992). «The cross section of expected stock returns». *The journal of finance*, vol. 47, p.427-486.

Jobson, J., D.. (1982). «A multivariate linear regression test for the APT. » *The journal of finance* vol. 37, No 4, p. 1037-1042.

Grinblatt, Mark, et Sheridan Titman. (1983). «Factor pricing in a finite economy». *Journal of Financial Economics*, Vol.12, p. 497-507.

Hansen, Lars, Peter, John Heaton et Erzo G. J. Luttmer. (1995). « *Econometric evaluation of asset pricing models* » *Review of Financial studies*, vol. 8 No 2, p. 237-74.

He, Jia, et Lilian .K. Ng. (1994). «Economic forces, fundamental variables, and equity returns». *The journal of business*, vol, 67 No 4, p. 599-609.

Huberman, Gur. (1982). «A simple approach to arbitrage pricing». *Journal of economic theory*, vol.28, p.183–91.

Huberman, Gur et Zhenyu Wang. (2005). «Arbitrage pricing theory». *The new palgrave dictionary of economics*, 2^e ed. Forthcoming.

Lautier, Delphine, et Fabrice Riva. (2008). «The determinants of volatility on the American crude oil futures market ». *OPEC Energy Review*, vol. 2. p. 105-122.

Lintner, John (1965). «The valuation of risky assets and the selection of risky investment in stock portfolios and capital budgets». *Review of economics and Statistics*, vol. 47, p.13-37.

Litzenberger, Robert, H. et Nir Rabinowitz. (1995). «Backwardation in oil futures markets: theory and empirical evidence». *The Journal of finance*, Vol.50, No. 5, p. 1517-1545.

MacKiernan, Barbara (1997). «Uncertainty and the arbitrage pricing theory». *Atlantic Economic Journal* vol. 25 No 3, p307-311.

Markowitz, H., M.. (March 1952). «Portfolio Selection». *The Journal of finance*, vol. 7 No1, p. 77-91.

Mongars, Philippe, et Christophe Marchal-Dombrat. (2006). «Les matières premières : une classe d'actifs à part entière?». *Banque de France, Revue de la stabilité financière*, vol. 9, p.33-40.

Nai, Fu, Chen. (1979). « The arbitrage pricing theory: estimation and applications». *Working paper UCLA*.

Nai, Fu, Chen. (Dec., 1983). «Some empirical tests of arbitrage pricing theory ». *The journal of finance*, vol. 38, No 5 p. 1393-1414.

Nai, Fu, Chen, et Jonathan Ingersoll. (1983). Exact Pricing in Linear Factor Models with Finitely Many Assets: A Note. *Journal of finance*, vol. 38 p.985-988.

Nai, Fu, Chen, Richard, Roll, et Stephen, Ross. « *Economic forces and the stock market* », *The journal of business*, Vol 59, No 3, (Jul., 1986), p. 386-403.

Philip, H., Dybvig, et Stephen A. Ross. (1985). «Yes the APT is testable». *The journal of finance*, vol. 40, No 4, p. 1173-1188.

Pindyck, Robert, S.,. (2004). «Volatility and commodity price dynamics». *The Journal of futures markets*, vol. No. 11, p 1029-1047.

Priestley, Richard. (1996). «The arbitrage pricing theory, macroeconomic and financial factors, and expectations generating processes». *Journal of banking and finance*, vol.20 p.869-890.

Roll, Richard. (1977). «A critique of asset pricing theory's tests: part I: on past and potential testability of the theory». *The journal of financial economics*, vol.4, p. 129-76.

Roll, Richard, et Stephen Ross. (1980). «An empirical investigation of the arbitrage pricing theory». *The journal of finance*, vol. 35 No 5, p. 1073-1103.

Roll, Richard et Stephen Ross. (1984). « A critical re-examination of the empirical evidence on the APT. » *the journal of finance*, vol. 39 N02, 1984, p. 347-350.

Roll, Richard, (1984). «Orange juice and the weather». *The american economic review*, vol. 74, No. 5, p. 861-880.

Roll, Richard, et Stephen Ross. (1995). «The arbitrage pricing theory approach to strategic portfolio planning». *Financial analysts journal*, vol. 51, No. 1, p. 122-131.

Ross, Stephen. (1976). « The arbitrage theory of capital asset pricing. » *The journal of economic theory*, vol. 13, p 341-360.

Ross, Stephen. (1977). «The CAPM Short sale restrictions and related issues». *The journal of finance*, vol. 32 No 1, p 177-183.

Ross, Stephen. (1977). « The current status of the CAPM». *The journal of finance*, vol., 33 No3, p 30-60.

Shanken, Jay, et Mark I. Weinstein. (1990). «Macroeconomic Variables and Asset Pricing: Further Results». *Working paper, university of Rochester*.

Sharpe, W.F., 1964. «Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk». *Journal of finance*, vol. 19, p 425-442.

Silvapulle, Param, et Imad A. Moosa. (1999). «The relationship between spot and futures prices: evidence from crude oil market». *The journal of futures markets* vol.19, p. 175-193.

Stambaugh, F., Robert. (1983). «Arbitrage pricing with information». *Journal of financial economics*, Elsevier, vol. 12 No.3, p. 357-369.

Tolmasky, C., et D. Hindanov. (2002) «Principal Components Analysis for Correlated Curves and Seasonal Commodities: The Case of the Petroleum Market». *The Journal of Futures Markets* Vol. 22 No11, p.1019-1035.

Trzcinka, Charles. (1986). «On the Number of Factors in the Arbitrage Pricing Model». *The Journal of Finance*, Vol. 41, No. 2, p. 347-368.

Vessereau, Thierry. (2000). «Étude du Modèle d'Évaluation par Arbitrage sur le marché des actions suisses». *Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations* (CIRANO).

SITES INTERNET

Données historiques de l'indice composite NYSE (en ligne). France 2008.
(Consulté le 16/12/08).
<http://fr.finance.yahoo.com/q/hp?s=%5ENY&b=31&a=11&c=1965&e=16&d=06&f=2009&g=m>

Federal Reserve St-Louis Macroeconomic data (en ligne). États-Unis 2008. (Consulté le 10/20/08). <http://www.economagic.com/fedstl.htm>

La politique monétaire américaine, outils d'évaluation des conditions de liquidité. France (2006). (Consulté le 05/04/09).
<http://www.orientationfinance.com/accueil/detail.asp?IdC=11&IdD=4461>

L'impact de la hausse des prix du pétrole sur la croissance de la zone euro. In Questions d'Europe N° 85 (en ligne). Bruxelles : Fondation Robert Schuman, 2008.
(http://www.robert-schuman.org/question_europe.php?num=qe-85)

L'industrie automobile dans le mur (en ligne). France 2008. (Consulté le 05/04/09).
<http://www.loretlargent.info/usa/lindustrie-automobile-americaine-dans-le-mur/988/>

Prix du pétrole le 08-01-2007 (en ligne). France 2007. (Consulté le 05/04/09).
<http://www.diagnostic-expertise.com/credit/indice-immobilier/prix-du-petrole-08-01-2007.php>

Table 1.1.6B. Real Gross Domestic Product, Chained (1952) Dollars (en ligne). États-Unis 2004 (consulté le 12/20/08).
<http://www.bea.gov/index.htm>

SUPPORTS CD-ROM

The CRB encyclopedia of commodity and financial prices(CD-ROM). New York: Hoboken, N.J. Éditeur: John Wiley & Sons, 2006. CD-ROM 12 cm (pour Windows)

The CRB commodity yearbook Commodity (CD-ROM). New York: Éditeur: John Wiley & Sons, 2004. CD-ROM 12 cm(pour Windows)

APPENDICES

A.1. Coefficients de détermination associés à l'analyse du produit dérivé du pétrole

Modèles	Modèle non contraint		Modèle contraint	
	R ²	R ² Ajusté	R ²	R ² Ajusté
Base	0,473392	0,442415	0,409615	0,382155
Consommation	0,480462	0,443352	0,464432	0,432928
NYSE	0,486878	0,450226	0,421793	0,387781
Pétrole	0,558383	0,526839	0,538905	0,511782
Automobile	0,584339	0,549284	0,556436	0,524753
Sur-modèle	0,602028	0,546614	0,599196	0,549095

A.2. Coefficients de sensibilité associés à l'analyse du produit dérivé du pétrole

Modèles	Base	Consommation	NYSE	Pétrole	Automobile	Sur-modèle
Constante	-0,063945 (0,031673)	-0,095719 (0,042004)	-0,067274 (0,032402)	-0,039807 (0,030470)	-0,037515 (0,030631)	-0,062715 (0,046135)
X ₁	0,019649 (0,024276)	0,002632 (0,025029)	0,011840 (0,024217)	0,013823 (0,020359)	0,002851 (0,021357)	-0,010697 (0,026841)
X ₃	0,009965 (0,013929)	0,009995 (0,014104)	0,007257 (0,013966)	0,01434 (0,013772)	0,004143 (0,014465)	0,003502 (0,016096)
X ₄	-22,058500 (9,847282)	-26,267250 (10,50282)	-25,104230 (9,607393)	-16,324750 (8,899707)	-16,886660 (8,496443)	-16,372540 (8,519879)
X ₅						0,006219 (0,030593)
X ₆		3,604641 (7,423378)				6,177663 (8,226580)
X ₇			-0,589117 (0,382919)			-0,301068 (0,381462)
X ₈				0,428850 (0,059242)	0,416526 (0,063079)	0,383622 (0,073723)
X ₉					-1,298995 (0,574169)	-1,083065 (0,651550)
X ₁₀						-1,401270 (1,489623)
X ₁₁	-0,009910 (0,013291)	-0,001679 (0,013491)	-0,004248 (0,013768)	-0,009315 (0,011914)	-0,002497 (0,011844)	0,002731 (0,013671)

A.3. Coefficients de détermination associés à l'analyse du produit dérivé du gasoil

Modèles	Modèle non contraint		Modèle contraint	
	R ²	R ² Ajusté	R ²	R ² Ajusté
Base	0,1707030	0,1182160	0,1706630	0,1291960
Consommation	0,1809510	0,1179470	0,1760490	0,1239000
NYSE	0,2299920	0,1489380	0,2299980	0,1599980
Pétrole	0,2599880	0,2030640	0,2186030	0,1691480
Prix du sous-jacent	0,3421830	0,2823810	0,2599880	0,2030640
Sur-modèle	0,3145040	0,2218700	0,3045000	0,2210400

A.4. Coefficient de sensibilité associés à l'analyse du produit dérivé du gasoil

Modèles	Base	Consommation	NYSE	Pétrole	Prix sous-jacent	Sur-modèle
Constante	0,012190 (0,035687)	-0,038337 (0,062195)	0,035504 (0,040861)	0,041607 (0,038777)	0,000213 (0,039797)	-0,120218 (0,070754)
X ₁	0,037917 (0,042171)	0,024503 (0,043158)	0,038619 (0,043382)	0,035479 (0,045582)	0,014713 (0,044934)	-0,019336 (0,046320)
X ₃	-0,009692 (0,028037)	-0,010417 (0,027165)	0,012036 (0,026514)	-0,005343 (0,029688)	0,001948 (0,026136)	0,010464 (0,025870)
X ₄	-1,942570 (10,03754)	1,361956 (11,03695)	1,375024 (10,12722)	7,236132 (11,25815)	-8,017299 (12,76608)	-5,182638 (15,90353)
X ₅						-0,000384 (0,040613)
X ₆		11,7187609 (12,11256)				26,650450 (15,78902)
X ₇			-0,115413 (0,703299)			-0,483827 (0,562373)
X ₈				0,353655 (0,185742)	0,448485 (0,151913)	0,499468 (0,156067)
X ₉					-0,580564 (0,165716)	-0,722686 (0,205791)
X ₁₀						0,612948 (1,886082)
X ₁₁	-0,026678 (0,015020)	-0,0221519 (0,014680)	-0,031182 (0,019428)	-0,029007 (0,014292)	0,002368 (0,017201)	0,021233 (0,023390)

A.5 Coefficients de détermination associés à l'analyse du produit dérivé de l'huile de chauffage

Modèles	Modèle non contraint		Modèle contraint	
	R ²	R ² Ajusté	R ²	R ² Ajusté
Base	0,3194310	0,2793970	0,3182960	0,2865890
Consommation	0,3279030	0,2798960	0,3179600	0,2778400
NYSE	0,3340330	0,2864640	0,3300700	0,2906620
Pétrole	0,3321410	0,2844370	0,3259170	0,2862650
Prix du sous-jacent	0,8600400	0,8500430	0,8574150	0,8490280
Sur-modèle	0,9146040	0,9014660	0,8772300	0,8601350

A.6 Coefficients de sensibilité associés à l'analyse du produit dérivé de l'huile de chauffage

Modèles	Base	Consommation	NYSE	Pétrole	Prix sous-jacent	Sur-modèle
Constante	0,0393410 (0,042208)	0,0069460 (0,066740)	0,0570430 (0,047351)	0,0527800 (0,045399)	-0,0103920 (0,026813)	-0,0053750 (0,024866)
X ₁	0,0388650 (0,040659)	0,0199080 (0,044126)	0,0366190 (0,038235)	0,0184220 (0,041528)	-0,0110920 (0,021639)	0,0016770 (0,015959)
X ₃	-0,0126020 (0,020184)	-0,0040110 (0,022314)	-0,0083660 (0,024718)	-0,0043010 (0,021644)	0,0158420 (0,016301)	0,0131360 (0,010829)
X ₄	8,0956970 (11,29254)	15,1132300 (12,24488)	9,7112640 (12,66214)	10,4408500 (12,09503)	-7,7998310 (7,163591)	0,8771070 (6,836910)
X ₅						-0,0238770 (0,019486)
X ₆		11,0155100 (12,45121)				4,0492730 (5,271658)
X ₇			-0,9606970 (0,755943)			-0,4542110 (0,260164)
X ₈				0,2021600 (0,180516)	0,0148100 (0,135966)	0,0155970 (0,094433)
X ₉						0,243424 (0,490379)
X ₁₀						-0,1273680 (0,951444)
X ₁₁	-0,0190550 (0,018460)	-0,0066150 (0,018069)	-0,0144800 (0,014126)	-0,0098690 (0,018312)	0,0138190 (0,007750)	0,0110280 (0,006332)
S ₁					1,2590990 (0,034727)	1,1324920 (0,036825)

NB : S₁ est le prix du sous-jacent de l'huile de chauffage sur le marché physique et X₉ production automobile

A.7 Coefficients de détermination associés à l'analyse du produit dérivé du cacao

Modèles	Modèle non contraint		Modèle contraint	
	R ²	R ² Ajusté	R ²	R ² Ajusté
Base	0,3231140	0,2858060	0,2721760	0,2380590
Consommation	0,1131110	0,0701970	0,1035980	0,0677420
NYSE	0,1081380	0,0649830	0,1065630	0,0708260
Pétrole	0,1403580	0,0987620	0,1383590	0,1038930
Prix du sous-jacent	0,5130470	0,4853340	0,5125400	0,4889530
Sur-modèle	0,5200050	0,4800050	0,5187770	0,4829840

A.8. Coefficients de sensibilité associés à l'analyse du produit dérivé du cacao

Modèles	Base	Consommation	NYSE	Pétrole	Prix sous-jacent du	Sur-modèle
Constante	-0,0265730 (0,027126)	-0,0139430 (0,049353)	-0,0379390 (0,039509)	-0,0377810 (0,037983)	-0,0128790 (0,037071)	-0,0029790 (0,047964)
X ₁	-0,0383190 (0,038656)	0,2900710 (0,292464)	0,3312000 (0,296517)	0,3079130 (0,296544)	0,1560320 (0,269424)	0,1853510 (0,250652)
X ₃	-0,0071910 (0,010348)	0,0053760 (0,012635)	0,0009230 (0,012644)	0,0004490 (0,012126)	0,0040990 (0,012631)	0,0057410 (0,013100)
X ₄	-1,4283660 (0,841709)	-2,3991920 (0,980084)	-2,1441630 (1,038648)	-1,9227660 (0,947542)	-0,5978770 (1,026443)	-0,8630420 (1,094208)
X ₅						-0,0109510 (0,020052)
X ₆		-5,3607530 (4,523016)				-2,6647740 (4,517398)
X ₇			0,1907450 (0,308161)			0,0892370 (0,333689)
X ₈				0,3030470 (0,110123)	0,2040050 (0,097270)	0,2367760 (0,099702)
X ₉					0,3165600 (0,024432)	0,3076940 (0,027391)
X ₁₀		3,5684770 (1,396722)	3,5028520 (1,428395)	3,2923700 (1,406299)	1,4103450 (1,384870)	1,4696930 (1,392230)
X ₁₁	0,0113050 (0,003242)	0,0080080 (0,003928)	0,0066000 (0,003906)	0,0073050 (0,003679)	0,0016940 (0,004275)	0,0024850 (0,004827)

A.9. Coefficients de détermination associés à l'analyse du produit dérivé du café

	Modèle non contraint		Modèle contraint	
Modèles	R ²	R ² Ajusté	R ²	R ² Ajusté
Base	0,0704570	0,0416340	0,0566500	0,0348810
Consommation	0,0740580	0,0292540	0,0739000	0,0368560
NYSE	0,0813270	0,0368750	0,0794620	0,0426410
Pétrole	0,0746140	0,0298380	0,0715600	0,0344220
Prix du sous-jacent	0,7518310	0,7377070	0,7514640	0,7394380
Sur-modèle	0,8500000	0,8347460	0,2382780	0,1678670

A.10. Coefficients de sensibilité associés à l'analyse du produit dérivé du café

Modèles	Base	Consommation	NYSE	Pétrole	Prix sous-jacent	Sur-modèle
Constante	0,0319340 (0,056231)	0,0112230 (0,066361)	0,0295680 (0,057164)	0,025872 (0,057907)	0,0216350 (0,031153)	0,0254490 (0,026656)
X ₁	0,4906500 (0,731927)	0,4993450 (0,706448)	0,5947770 (0,677530)	0,507434 (0,729687)	0,1302880 (0,918812)	0,0732030 (0,393654)
X ₃	-0,0244550 (0,017372)	-0,0251190 (0,020649)	-0,0252730 (0,017943)	-0,023697 (0,017712)	-0,0019880 (0,008718)	-0,0043430 (0,007948)
X ₄	-2,0727820 (1,560063)	-1,9732760 (1,645080)	-2,0743670 (1,638902)	-2,027611 (1,609627)	1,3705770 (1,771022)	1,6066570 (1,166412)
X ₅						0,0239200 (0,008052)
X ₆		2,8691130 (8,323529)				1,6569110 (3,411961)
X ₇			0,4073660 (0,674703)			0,0436760 (0,239915)
X ₈				0,096942 (0,336994)	0,0757050 (0,137768)	0,0275660 (0,097747)
X ₉					0,0072620 (0,000255)	1,077405 (0,051249)
X ₁₀		0,7520710 (2,235819)	0,7094960 (2,191083)	0,694678 (2,330496)	0,0017240 (1,078476)	0,2162870 (0,814306)
X ₁₁	0,0094450 (0,007546)	0,0095460 (0,007860)	0,0087050 (0,007995)	0,010016 (0,007799)	0,0035190 (0,003543)	-0,0007930 (0,002897)

A.11. Résultats des tests de Granger entre les différentes variables

Hypothèses nulles	Nombre observations	d'	F- statistique	Probabilité
X ₉ n'a pas de causalité au sens de granger avec X ₈	90		3,40	0,04000000
X ₈ n'a pas de causalité au sens de granger avec X ₉			0,61	0,54000000
X ₄ n'a pas de causalité au sens de granger avec X ₁₀	90		3,80	0,03000000
X ₁₀ n'a pas de causalité au sens de granger avec X ₄			0,51	0,60000000
X ₄ n'a pas de causalité au sens de granger avec Y ₂	83		3,10	0,05000000
Y ₂ n'a pas de causalité au sens de granger avec X ₄			20,68	0,00000006
X ₁₁ n'a pas de causalité au sens de granger avec Y ₁	90		0,50	0,06066000
Y ₁ n'a pas de causalité au sens de granger avec X ₁₁			1,46	0,24000000
X ₁₁ n'a pas de causalité au sens de granger avec Y ₂	83		0,20	0,82000000
Y ₂ n'a pas de causalité au sens de granger avec X ₁₁			4,47	0,01000000
X ₄ n'a pas de causalité au sens de granger avec X ₃	90		4,52	0,01000000
X ₃ n'a pas de causalité au sens de granger avec X ₄			1,72	0,19000000
S ₄ n'a pas de causalité au sens de granger avec S ₃	158		3,32	0,03890000
S ₃ n'a pas de causalité au sens de granger avec S ₄			1,69	0,18840000